

# Thermische Stromproduktion inklusive Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz 1990 bis 2003

Ausgearbeitet durch

Urs Kaufmann, Dr. EICHER+PAULI AG, Liestal

Im Auftrag des

**Bundesamtes für Energie**

August 2004

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie

**Auftragnehmer:**

Dr. EICHER+PAULI AG, Kasernenstrasse 21, CH-4410 Liestal

**Autor:**

Urs Kaufmann

2004

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt der Studie ist allein der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

**Bundesamt für Energie BFE**

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern  
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • [office@bfe.admin.ch](mailto:office@bfe.admin.ch) • [www.admin.ch/bfe](http://www.admin.ch/bfe)

Vertrieb: BBL/Vertrieb Publikationen, 3003 Bern, [www.bbl.admin.ch/bundespublikationen](http://www.bbl.admin.ch/bundespublikationen)

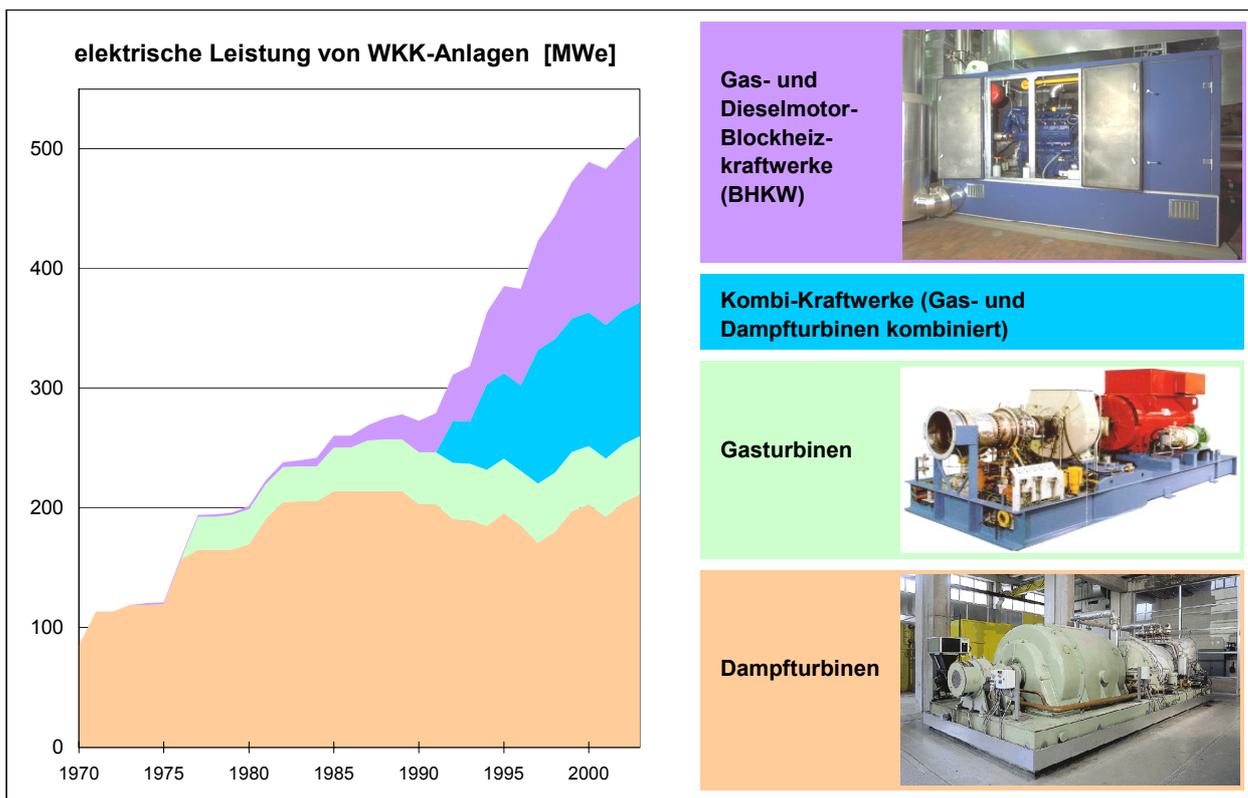
BBL/EDMZ Bestellnummer: 805.281.5 d

Bundesamt für Energie

## Thermische Stromproduktion inklusive Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz 1990 bis 2003

Ausgabe 2003

16. August 2004



Zertifiziert nach  
ISO 9001: 2000

© Dr.EICHER+PAULI AG, Liestal

G:\2004\1005\4-Ausw[LE1-AB60.XLS]Haupttabelle Ber6

Liestal

### Auftraggeber

Bundesamt für Energie  
Herr Dr. Felix Andrist  
3003 Bern

Basel

Bern

Luzern

Zürich

G:\2004\1005\4-Dok\WKK-2003.doc

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>1.</b>	<b>Résumé</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>11</b>
2.1	Ausgangslage	11
2.2	Technologien und Einsatzbereiche von WKK-Anlagen	13
2.3	Definition Wärmekraftkopplung (WKK)	14
2.4	Anlagekategorien	16
<b>3.</b>	<b>Thermische Stromerzeugung</b>	<b>17</b>
3.1	Anlagen und elektrische Leistungen	17
3.2	Stromproduktion 1990 - 2003	18
3.3	Energieträger 2003	20
<b>4.</b>	<b>Wärmekraftkopplung (WKK)</b>	<b>21</b>
4.1	Übersicht	21
4.2	Energieträger 2003	23
4.3	Auswertung nach Kantonen	24
<b>5.</b>	<b>Gross-WKK-Anlagen</b>	<b>27</b>
5.1	Übersicht	27
5.2	Industrie	27
5.3	Fernheizkraftwerke u.a.	30
<b>6.</b>	<b>Klein-WKK-Anlagen</b>	<b>31</b>
6.1	Bestand und Energie	31
6.2	Einsatzgebiete	37
6.3	Schadstoffreduktionsmassnahmen	39
6.4	Jährliche Neuinbetriebnahmen	41
<b>7.</b>	<b>Spezialauswertungen therm. Stromproduktion</b>	<b>43</b>
7.1	Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)	43
7.2	Deponiegasnutzung	45

## © Copyright

Dr.EICHER+PAULI AG, CH-4410 Liestal  
Vervielfältigung auszugsweise oder des gesamten Inhaltes  
nur unter Quellenangabe erlaubt.

## Impressum

Projektnummer: 04.1005.1  
Verfasser: Urs Kaufmann  
Telefon: 061 927 42 67  
E-Mail: urs.kaufmann@eicher-pauli.ch

Freigabe: Dr. Felix Andrist, BFE

## Dokumentation

Stand: Fassung vom 16.08.2004 11:29  
Ablage: G:\2004\1005\4-Dok\WKK-2003.doc

<b>Anhang</b>	<b>47</b>
<b>A. Thermische Stromerzeugung</b>	<b>48</b>
A.1 Zeitreihen 1990 - 2003	48
A.2 Energieträgersplit 2003	48
A.3 Bruttoenergieverbrauch der Anlagen mit thermischer Stromverbrauch 2003	48
A.4 Bruttoenergieverbrauch für die thermische Stromproduktion 2003	48
<b>B. Wärmekraftkopplung (WKK)</b>	<b>55</b>
B.1 Zeitreihen elektrische Leistungen 1970 - 2003	55
B.2 Kantonale Verteilung	55
<b>C. Gross-WKK-Anlagen</b>	<b>59</b>
<b>D. Klein-WKK-Anlagen</b>	<b>65</b>
D.1 Jahresstatistiken 2003	65
D.2 Zeitreihen 1986 - 2003	65
<b>E. Spezialauswertungen</b>	<b>76</b>
E.1 Kehrichtverbrennungsanlagen	76
E.2 Deponiegasnutzung	76
<b>F. Erläuterungen zur Statistik</b>	<b>83</b>
F.1 Gross-WKK-Statistik	84
F.2 Klein-WKK-Statistik	85
<b>G. Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>93</b>

## Hinweise und Abkürzungen

[...] siehe Literatur- und Quellenverzeichnis im Anhang G

WKK Wärmekraftkopplung  
 BHKW Blockheizkraftwerk  
 KVA Kehrichtverbrennungsanlage  
 ARA Abwasserreinigungsanlage

Ausführliche methodische Erläuterungen zur vorliegenden Statistik finden sich im Anhang F.

In der PDF-Fassung sind die Verweise auf Anhänge in der Regel als Hyperlink verfügbar.

# 1. Zusammenfassung

Im Jahr 2003 wurden in der Schweiz insgesamt 65'266 GWh Elektrizität erzeugt. Davon stammen 3'070 GWh, also 4.7 % aus den Generatoren von thermischen Stromerzeugern (ohne Kernkraftwerke). Dieses Ergebnis stammt aus der vorliegenden Untersuchung, die im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) durchgeführt wurde. Das Ziel war, alle thermischen Stromproduktionsanlagen statistisch zu erfassen und deren Energieproduktion im Jahre 2003 auszuwerten und darzustellen. Dazu wurde eine Umfrage bei allen Anlagenbetreibern grösserer Anlagen sowie den Lieferanten von kleineren Anlagen durchgeführt.

Als thermische Stromerzeuger werden alle Anlagen bezeichnet, die aus fossilen oder biogenen Energieträgern Strom produzieren (Tabelle 1.1). Will eine solche Anlage in dieser Publikation zusätzlich als Wärmekraftkopplungs-Anlage (WKK-Anlage) bezeichnet werden, so muss sie mindestens 5 % der eingesetzten Energie in Elektrizität umwandeln und einen Gesamtnutzungsgrad (Wärme und Elektrizität) von mindestens 60 % ausweisen. Die Grenze zwischen Klein- und Gross-WKK-Anlagen liegt bei 1 MW installierter elektrischer Leistung.

Thermische Stromerzeuger haben im Jahr 2003 rund 4.7 % Anteil an der schweizerischen Stromproduktion erreicht. Der weitaus grösste Teil davon wird durch Kehrichtverbrennungsanlagen, durch Anlagen in der Industrie und durch Klein-WKK-Anlagen erbracht.

		Nr.	Anlagenkategorie	Anzahl Anlagen Ende 2003	Inst. el. Leist. Ende 2003 [MWe]	Stromproduktion 2003	
						GWh	%
Thermische Stromproduktion	Wärmekraftkopplung	T1	diverse therm. Stromerzeuger	20	75.0	15	0%
		T2	Vouvry (stillgelegt 30.9.1999)	0	0.0	0	0%
		T3	Deponiegasverstromung	7	5.1	28	1%
		T4	Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA ohne WKK*)	24	241.4	1'351	44%
		<b>Subtotal Nicht-WKK-Anlagen</b>			<b>51</b>	<b>321.5</b>	<b>1'394</b>
	Klein-WKK	W1	Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA mit WKK*)	3	40.2	106	3%
		W2	Industrie**	22	246.1	875	29%
		W3	Fernheizkraftwerke und div.**	10	84.7	157	5%
		W4	stromproduzier. Klein-WKK (Blockheizkraftwerke und Gasturbinen < 1MW)	1'005	140.1	538	18%
		W5	nicht stromprod. Klein-WKK (Gas-/Dieselmotor-Wärmepumpen)	(52)	0.0	0	0%
<b>Subtotal WKK-Anlagen (ohne W5)</b>			<b>1'040</b>	<b>511.1</b>	<b>1'676</b>	<b>55%</b>	
<b>Total gesamte thermische Stromproduktion</b>			<b>1'091</b>	<b>832.5</b>	<b>3'070</b>	<b>100%</b>	

G:\2004\1005\All-Ausw[Zus-Fass2003.xls]Zusammenfassung Ber1

Kommentare:

\* Definition der Wärmekraftkopplungs(WKK)-Anlagen im Rahmen dieser Statistik:  $ETA_{tot} \geq 60\%$  und  $ETA_{el} \geq 5\%$

\*\* ohne Gas-/Dieselmotoren-Blockheizkraftwerke (diese sind bei den stromprod. Klein-WKK-Anlagen erfasst)

Tabelle 1.1 Übersicht über die thermische Stromproduktion in der Schweiz

## Die 'Kleinen' ganz gross

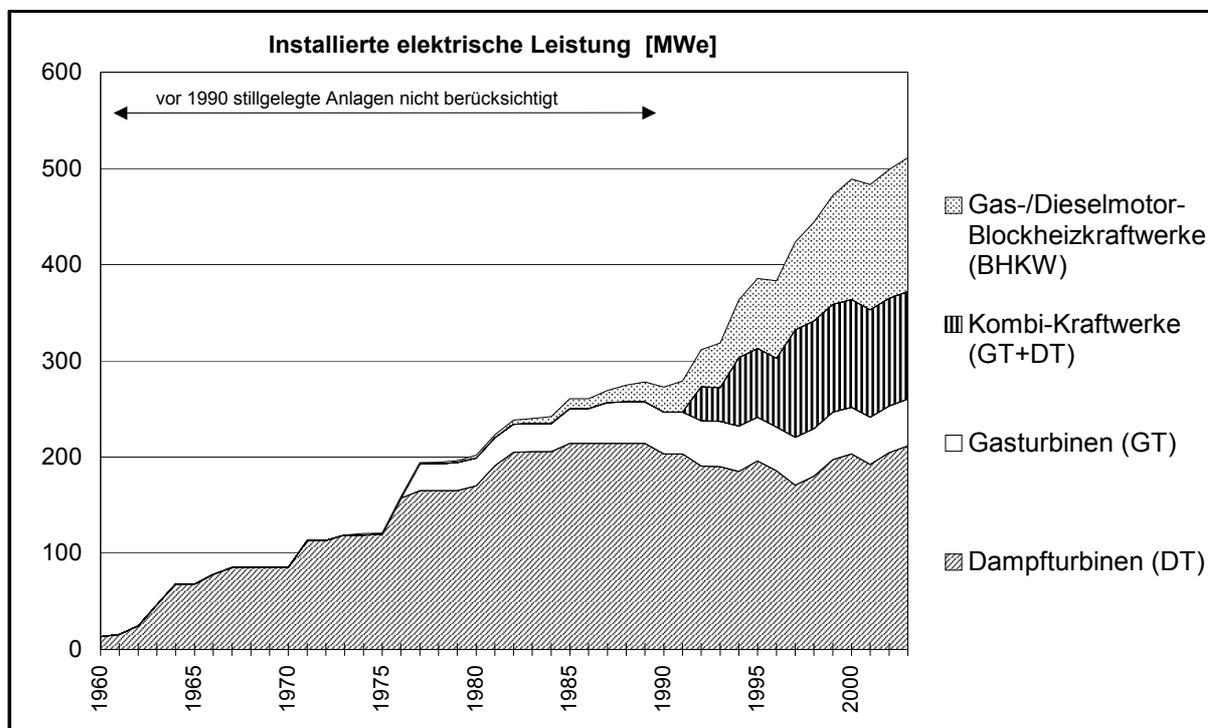
Im Jahr 2003 haben insgesamt 1'091 Anlagen an die thermische Stromproduktion beigetragen (Tabelle 1.1). Den grössten Anteil stellt mit 1'005 Anlagen die Gruppe Klein-WKK, 35 Anlagen gehören der Kategorie Gross-WKK an. Seit anfangs der neunziger Jahre wurden insgesamt 726 Klein-WKK-Anlagen realisiert. Der Zuwachs hat in den letzten Jahren aber bei 42 Anlagen mit ca. 7 MW elektrischer Leistung jährlich stagniert. Im Jahre 2003 sind nur noch 30 zusätzliche Klein-WKK-Anlagen in Betrieb gegangen.

## Die dicken 'Brummis'

Gesamthaft sind heute 833 MW elektrische Leistung in thermischen Stromerzeugern installiert. Alle WKK-Anlagen gemeinsam steuern 511 MWe bei, davon sind rund 73 % in Gross-WKK-Anlagen zu finden.

Hier wiederum sind es vor allem die Dampfturbinen, die den Löwenanteil ausmachen. Rund 212 MWe stehen in den Generatoren dieser Kategorie zur Stromproduktion bereit (Bild 1.2). Anfangs der neunziger Jahre erlebten die Kombianlagen einen Boom. Bei dieser Technologie wird einer Gasturbine ein Hochdruckabhitzekeessel mit Dampfturbine nachgeschaltet.

Die zehn Fernheizkraftwerke (inkl. Spezialanlagen) der Schweiz mit Gross-WKK-Anlagen sind schliesslich noch mit 85 MWe am Netz.



G:\2004\1005\All-Ausw\LE1-AB60.XLS\Haupttabelle Ber3

Bild 1.2 Entwicklung der elektrischen Leistung der WKK-Anlagen unterschieden nach Technologien

### (Fast) Alle haben zugelegt

Die Stromproduktion der thermischen Kraftwerke konnte von 1'524 MWh im Jahr 1990 auf 3'070 MWh im Jahr 2003 gesteigert werden (Bild 1.3). Zu diesem Ergebnis beigetragen haben vor allem die WKK-Anlagen. Diese haben 2003 gemeinsam 1'676 GWh Strom in die Netze der Betreiber geliefert, davon die 'Kleinen' allein 538 GWh (Bild 1.3). Damit konnte in der Kategorie WKK seit 1990 ein Wachstum um 160 % erzielt werden. Zusätzlich werden noch 1'350 MWh von Kehrrechtverbrennungsanlagen (KVA) geliefert, was gegenüber 1990 einer Steigerungsrate von 120 % entspricht.

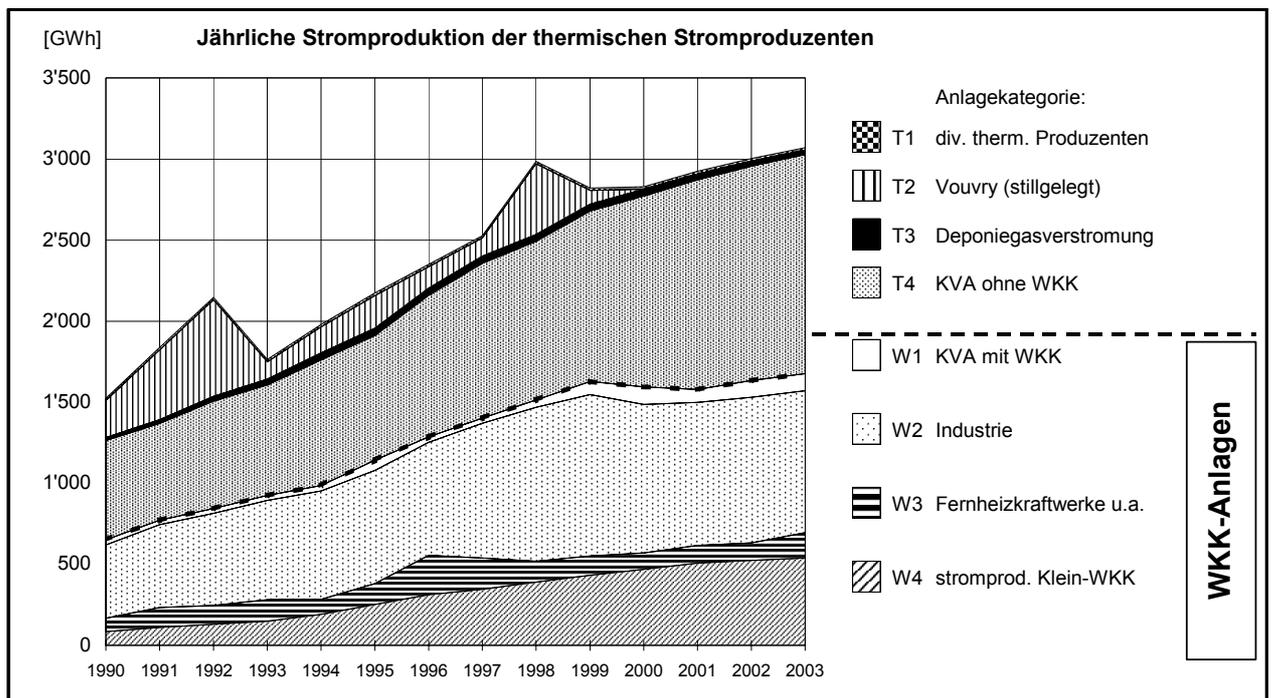


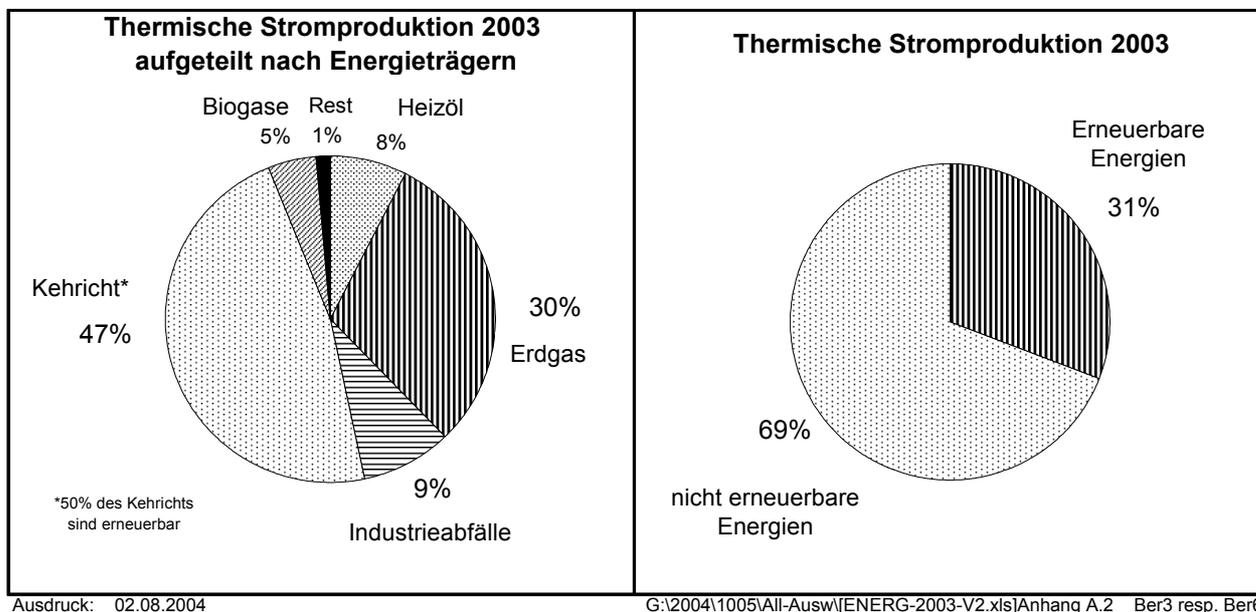
Bild 1.3 Entwicklung der thermischen Stromproduktion

### Ob Kläranlage oder Bürogebäude...

Die wichtigsten Einsatzgebiete für Gross-WKK-Anlagen sind die Chemie-, die Papier- sowie die mineralölverarbeitende Industrie.

Klein-WKK-Anlagen hingegen werden zur Hauptsache in Kläranlagen (19 % der Leistung) und Gewerbe-/Industriebetrieben (17 %) eingesetzt. Wärmeverbundenanlagen (11 %), Bürogebäude (12 %) sowie Schulen und Sportanlagen (8 %) und Wohngebäude (8 %) sind weitere wichtige Einsatzgebiete von Klein-WKK-Anlagen.

Erfreulich ist die Tatsache, dass 31 % der zum Betrieb der Anlagen benötigte Energie aus regenerativen Energiequellen stammt. Dies sind primär die erneuerbaren Anteile der Abfälle in Kehrichtverbrennungsanlagen und Industriebetrieben sowie etwa 5 % Biogase (Bild 1.4).



**Bild 1.4** Aufteilung der thermischen Stromproduktion des Jahres 2003 nach Energieträgern

### Die Spitzenreiter

Im Mittel wurden in der Schweiz im Jahr 2003 pro Kopf der Bevölkerung 229 kWh Strom aus thermischen Kraftwerken produziert. Die Kantone Wallis und Solothurn sind dabei mit 1'158 und 823 kWh pro Kopf die Spitzenreiter. Die nächsten beiden Plätze werden von den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft eingenommen.

# 1. Résumé

En l'an 2003, la Suisse a produit 65'266 GWh d'électricité. 3'070 GWh, soit 4,7 % du total, est issu de génératrices thermiques (mais non nucléaires). Tel est le résultat de la présente étude, commanditée par l'Office fédéral de l'énergie. Il s'agissait de saisir statistiquement toutes les installations de production thermique d'électricité et d'en présenter la production en l'an 2003. A cet effet, un sondage a touché tous les exploitants d'installations d'une certaine importance ainsi que les fournisseurs d'équipements plus petits.

Sont qualifiées d'équipements de production thermique d'électricité les installations produisant du courant à partir d'agents fossiles ou biogènes (tab. 1.1). Pour apparaître en outre ici comme une installation chaleur-force (CCF), elles doivent convertir en électricité au moins 5 % de l'énergie absorbée et avoir un rendement global (chaleur et électricité) d'au moins 60 %. La limite entre petites et grandes installations se situe aux alentours de 1 MW de puissance électrique installée.

En l'an 2003, des équipements thermiques ont fourni 4,7 % de la production totale d'électricité. Dans la grande majorité des cas, il s'agit d'usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), d'équipements industriels et de petites centrales à couplage chaleur-force.

		Nr.	Catégorie d'installations	Nombre d'install. Fin 2003	Puissance installée Fin 2003 [MWe]	Prod. de courant en 2003		
						GWh	%	
Production thermique de courant	Couplage chaleur-force	T1	Div. producteurs d'électricité therm.	20	75.0	15	0%	
		T2	Vouvry (désaff. depuis le 30.9.99)	0	0.0	0	0%	
		T3	Au gaz de décharge	7	5.1	28	1%	
		T4	Usines d'incinération des ordures (UIOM sans CCF*)	24	241.4	1'351	44%	
		<b>Sous-total sans install. CCF</b>			<b>51</b>	<b>321.5</b>	<b>1'394</b>	<b>45%</b>
	Petits CCF	W1	Usines d'incinération des ordures (UIOM avec CCF*)	3	40.2	106	3%	
		W2	Industrie**	22	246.1	875	29%	
		W3	Centrales CAD** avec CCF et divers	10	84.7	157	5%	
		W4	Petites centrales CCF prod. d'élec. (groupes à CCF et turbines à gaz < 1 MW)	1'005	140.1	538	18%	
		W5	Petites centrales CCF non prod. d'électricité. (PAC à mot. gaz/diesel)	(52)	0.0	0	0%	
		<b>Sous-total install. CCF (sauf W5)</b>			<b>1'040</b>	<b>511.1</b>	<b>1'676</b>	<b>55%</b>
		<b>Total production thermique d'électricité</b>			<b>1'091</b>	<b>832.5</b>	<b>3'070</b>	<b>100%</b>

G:\2004\1005\All-Ausw\Zus-Fass2003.xls\Zusammenfassung Ber2

Commentaires:

\* Définition des install. à couplage chaleur-force (CCF) dans cette statistique:  $ETA_{tot} \geq 60\%$  et  $ETA_{el} \geq 5\%$

\*\* sans les groupes à CCF à moteur à gaz/diesel (assimilés ici aux petites install. à CCF prod. de courant)

PAC: pompe à chaleur CAD: chauffage à distance

Tableau 1.1 Vue d'ensemble de la production thermique d'électricité en Suisse

## Les "petits" sont la majorité

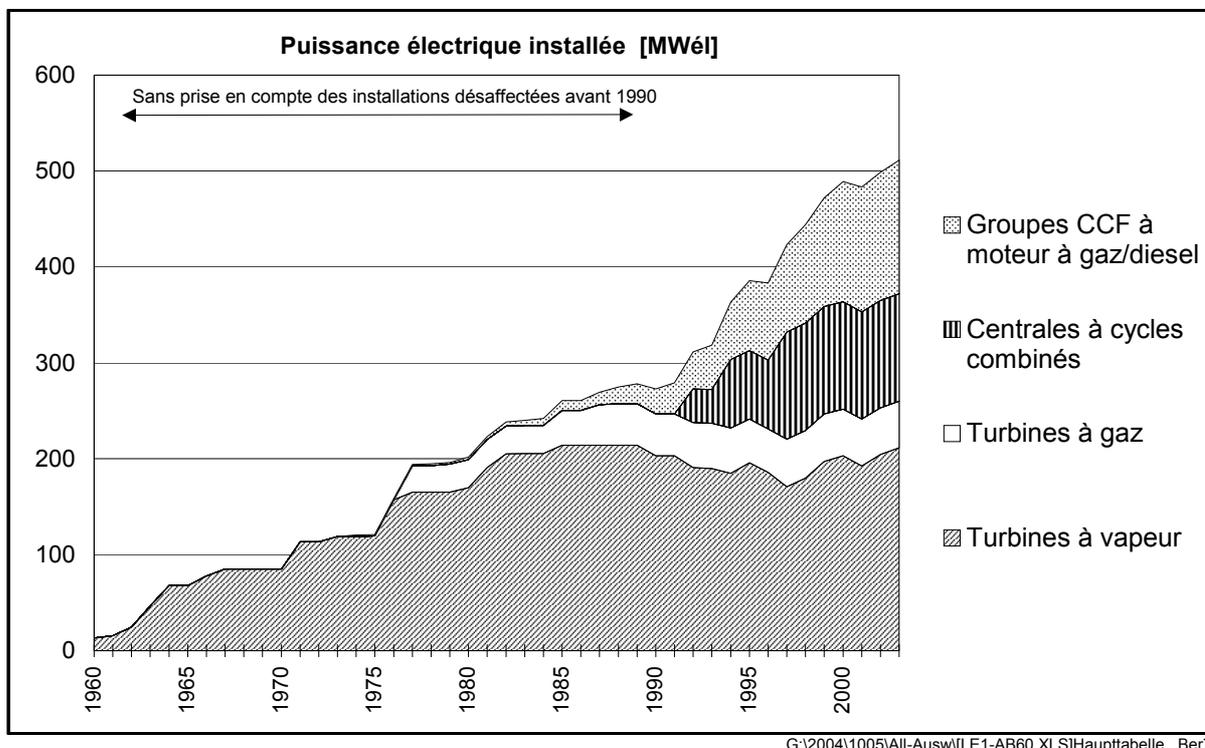
En l'an 2003, des équipements thermiques au nombre de 1'091 ont fourni de l'électricité (tab. 1.1). Ce sont avant tout des petites installations (1'005), mais 35 d'entre eux relèvent de la catégorie des grands CCF. Plus de 726 petits équipements à CCF ont été construits depuis l'an 1990, mais le rythme de ces réalisations a stagné ces années passées aux alentours de 42 installations, avec 7 MW de puissance par année. En l'an 2003, le nombre des mises en service n'a pas dépassé 30.

## Poids lourds

L'ensemble des producteurs thermiques représente aujourd'hui 833 MW de puissance électrique installée. Les équipements à CCF en produisent 511 MWe, dont 73 % dans des grosses unités.

Parmi celles-ci, les turbines à vapeur prédominent largement, fournissant quelque 212 MWe (fig. 1.2). Au début des années 1990, les équipements à cycles combinés ont connu un grand succès. Il s'agit d'installations où une turbine à gaz est suivie d'une chaudière haute pression exploitant les rejets de chaleur pour alimenter une turbine à vapeur.

Enfin les dix centrales de chauffage à distance de Suisse équipées d'un gros CCF fournissent 85 MW au réseau électrique.



G:\2004\1005\All-Ausw\LE1-AB60.XLS\Haupttabelle Ber7

Figure 1.2 Evolution de la puissance électrique des installations à CCF selon leur type

## (Presque) tous ont progressé

La production d'électricité issue d'installations thermiques a passé de 1'524 MWh en 1990 à 3'070 MWh en l'an 2003 (fig. 1.3). La progression est due avant tout aux équipements à CCF. Ceux-ci ont injecté 1'676 GWh de courant dans les réseaux des exploitants en l'an 2003, dont 538 GWh en provenance des "petits" (fig. 1.3). Ainsi la catégorie CCF a progressé de 160 % depuis 1990. S'y ajoutent 1'350 MWh produits par les UIOM, en progression de presque 120 % par rapport à 1990.

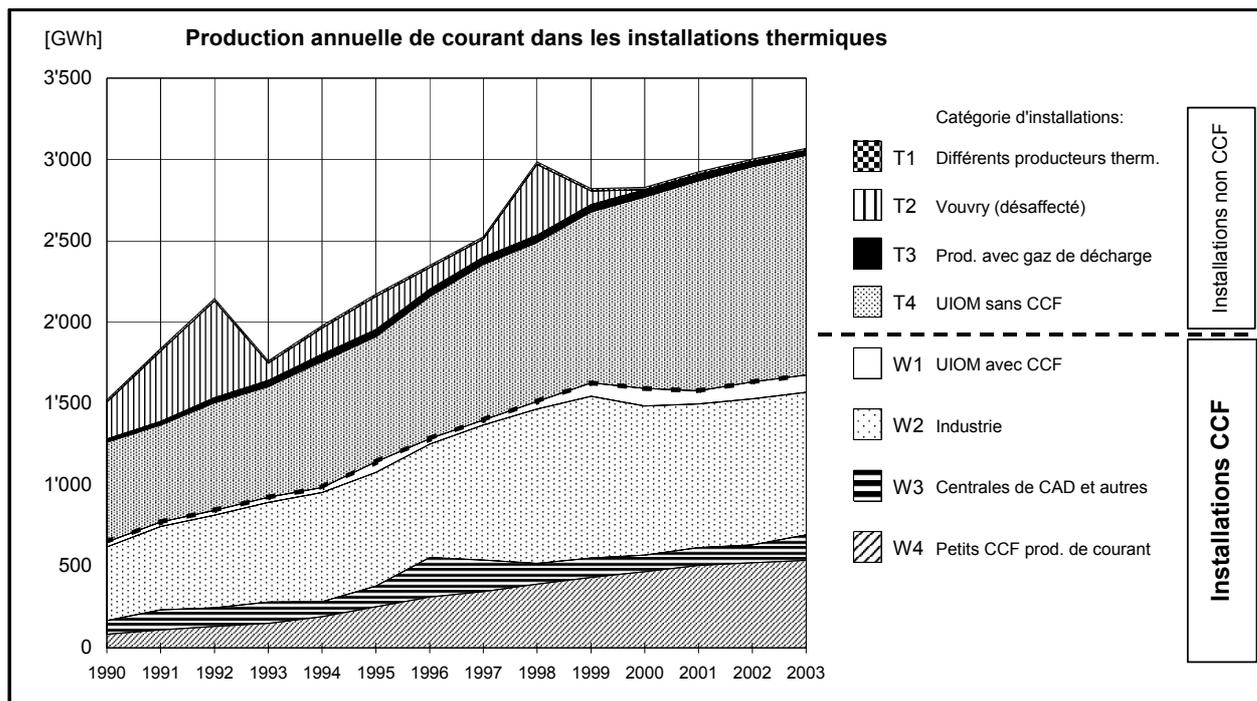


Figure 1.3 Evolution de la production thermique de courant

## Station d'épuration ... ou bureaux

Les principaux exploitants de grandes installations à CCF se trouvent dans les industries chimique, du papier et du pétrole.

En revanche, les petits CCF se situent surtout dans les stations d'épuration (19 % de la puissance) et dans des entreprises industrielles ou artisanales (17 %). On en trouve aussi dans les immeubles de bureaux (12 %), les réseaux de chauffage à distance (11 %), les bâtiments scolaires et sportifs (8 %) ainsi que dans l'habitat (8 %).

On constate heureusement que 31 % de l'énergie nécessaire à ces installations provient de sources renouvelables. Ce sont surtout les parts renouvelables des déchets dans les UIOM et les entreprises industrielles, plus 5 % de biogaz (fig. 1.4).

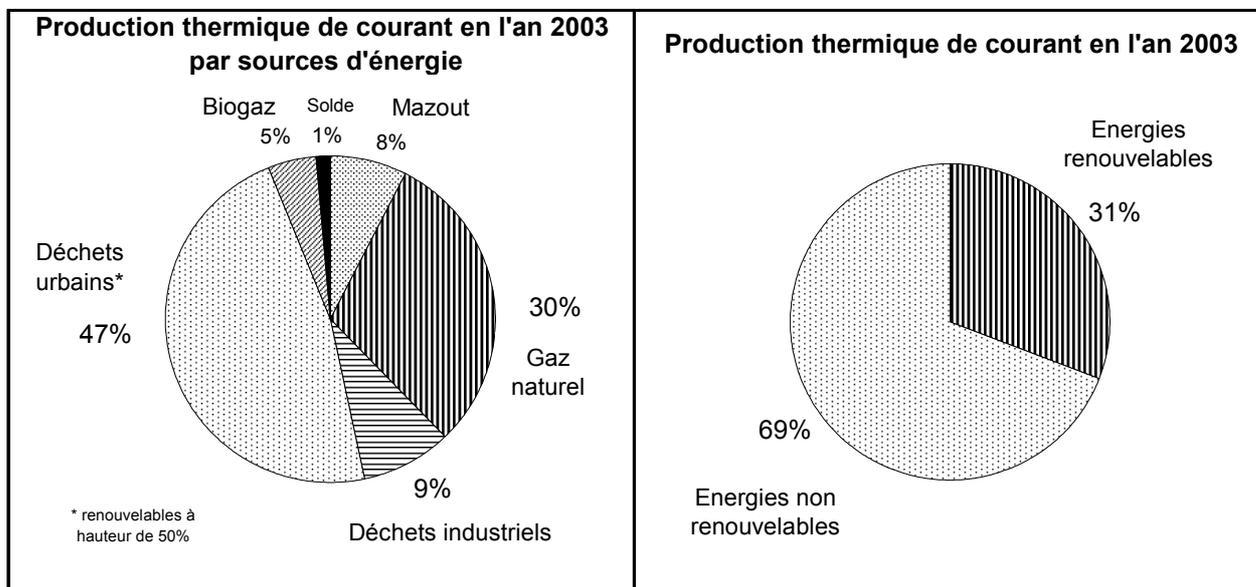


Figure 1.4 Apport des différentes sources d'énergie à la production thermique de courant en 2003

## Champions

La production moyenne d'électricité de source thermique en l'an 2003 a été de 229 kWh par tête d'habitant. Avec respectivement 1'158 et 823 kWh par personne, les cantons du Valais et de Soleure en ont fourni la proportion la plus élevée, suivis de Bâle-Ville et Bâle-Campagne.

## 2. Einleitung

In den neunziger Jahren wurden viele neue thermische Stromproduktionsanlagen (insbesondere Wärmekraftkopplungsanlagen) in Betrieb genommen. Der vorliegende Bericht ermöglicht einen umfassenden statistischen Überblick über diese Anlagen.

### 2.1 Ausgangslage

Gemäss Elektrizitätsstatistik wurden im Jahre 2003 in der Schweiz 65'266 Mio. kWh elektrische Energie produziert. Rund 95 % dieser Strommenge wurde in Wasser- und Kernkraftwerken erzeugt. Die restlichen 4.7 % wurden in kleineren und grösseren thermischen Kraftwerken produziert.

Da bei **thermischen Kraftwerken ohne nennenswerte Nutzung der anfallenden Abwärme** die eingesetzte Energie nur zu einem kleinen Teil genutzt wird, sind diese Kraftwerke separat zu betrachten. Das ölthermische Kraftwerk Vouvry mit 284 MW elektrischer Leistung war das grösste Kraftwerk dieser Kategorie. Es wurde am 30.9.1999 nach 34 Betriebsjahren stillgelegt. In den vergangenen Jahren wurden in der Schweiz nur noch wenige Kraftwerke ohne Nutzung der Abwärme gebaut. Diese Anlagen dienen zur sogenannten Verstromung von nicht anderweitig nutzbaren Energieträgern (Kehricht, Deponiegas usw.).

Anders sieht es bei Anlagen zur thermischen Stromproduktion mit Nutzung der anfallenden Abwärme aus. Dabei handelt es sich um sogenannte **Wärmekraftkopplungs(WKK)-Anlagen**. Diese leisten einen Beitrag zur dezentralen Stromversorgung in der Schweiz. Da die verfügbare Abwärme meist vollständig genutzt wird, können gleiche Gesamtnutzungsgrade wie beim Einsatz der gleichen Brennstoffe in herkömmlichen Feuerungsanlagen erzielt werden.

Die dezentrale WKK-Stromproduktion ermöglicht den Antrieb von Elektromotor-Wärmepumpen und den Einsatz anderer sogenannter Elektro-Thermo-Verstärkungsprozesse (z.B. Wärmerückgewinnung bei Lüftungsanlagen und gewerblichen Kälteanlagen, Elektrofahrzeuge...). Die Kombination von WKK-Anlagen und Elektro-Thermo-Verstärkern ermöglicht im Vergleich zu modernen konventionellen Feuerungen markante Energie- und Luftschadstoffeinsparungen bis zu 40 %.

Die kleineren WKK-Anlagen bis 1 MW elektrischer Leistung haben ab Mitte der achtziger Jahre eine starke Zunahme erfahren. Daher wurde deren statistische Erfassung im Auftrag des Bundesamtes für Energie bereits anfangs der neunziger Jahre begonnen und die Auswertungen in jährlichen Berichten publiziert.

**Wärmekraftkopplungs- (WKK)-Anlagen produzieren elektrische Energie, wobei die anfallende Abwärme für Heizzwecke genutzt wird.**

Auch bei den grösseren WKK-Anlagen ab 1 MW elektrischer Leistung haben beachtliche Veränderungen stattgefunden. In der Papierindustrie, in Fernheizkraftwerken und Kehrlichtverbrennungsanlagen wurden Anlagen modernisiert oder neu gebaut. Insbesondere die neuen Anlagen wurden in der schweizerischen Elektrizitätsstatistik nicht erfasst. Daher wurde 1997 erstmals ein statistischer Überblick über alle thermischen Kraftwerke und insbesondere alle WKK-Anlagen publiziert.

Für die Fortschreibung der Statistik aller thermischer Kraftwerke und WKK-Anlagen wurde die Dr.EICHER+PAULI AG vom Bundesamt für Energie beauftragt. Die vorliegende Ausgabe präsentiert die Resultate der durchgeführten Erhebungen zu den Bestandesänderungen und Energieumsätzen im Jahr 2003. Folgende Punkte sind speziell zu beachten:

- Der vorliegende Bericht umfasst statistische Auswertungen zu sämtlichen mit fossilen und biogenen Energieträgern betriebenen thermischen Kraftwerken in der Schweiz. Anzahl, elektrische Leistung sowie die Stromproduktion ab 1990 werden ausgewiesen.
- Es wird unterschieden zwischen Wärmekraftkopplungsanlagen und den restlichen Anlagen mit geringer oder fehlender Abwärmenutzung (Definition siehe Kap. 2.2).
- Die WKK-Anlagen werden wie in früheren Jahren unterteilt in Klein- und Gross-WKK-Anlagen (siehe Kap. 2.3).
- Die erfassten thermischen Kraftwerke werden in insgesamt neun Anlagenkategorien unterteilt (siehe Kap. 2.4). Die Kategorien-Bezeichnungen und -Nummern (T1, T2, ... W1, W2 ...) werden auf allen Darstellungen und Auswertungen verwendet.

Detailliertere Erläuterungen zur Statistik finden sich im Anhang F.

Der Verfasser bedankt sich an dieser Stelle bei allen Personen, welche die erhaltenen Erhebungsformulare ausgefüllt und zurückgeschickt haben.

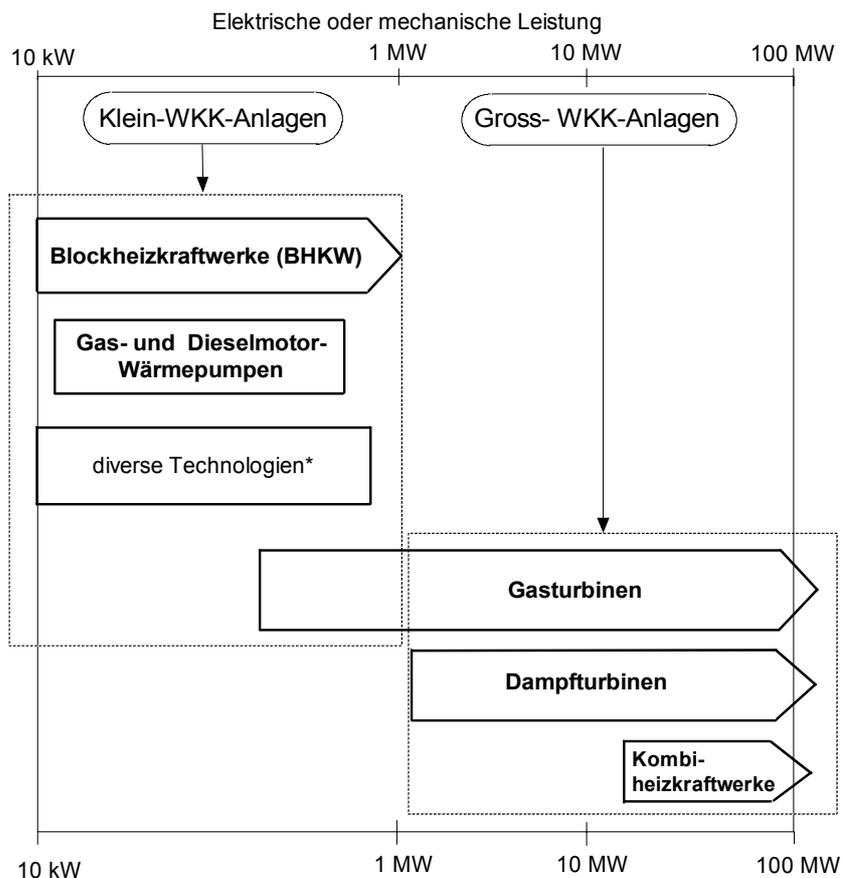
## 2.2 Technologien und Einsatzbereiche von WKK-Anlagen

Um vergleichbare Technologien und Einsatzbereiche zusammenfassen zu können, wird unterschieden zwischen Klein- und Gross-WKK-Anlagen (siehe Bild 2.2).

Die Klein-WKK-Anlagen werden bereits seit 1991 statistisch erfasst und umfassen folgende Technologien:

- **Blockheizkraftwerke (BHKW)** mit Gas-, Diesel- und Zündstrahlmotoren
- **Wärmepumpen**, welche mit Gas-, Diesel- und Zündstrahlmotoren angetrieben werden
- Mit **Gasmotoren angetriebene Gebläse** in Kläranlagen
- **Total-Energie-Anlagen (TEA)**, die eine Kombination aus Gasmotor, Elektrogenerator und Wärmepumpe darstellen
- **Gasturbinen** unter 1 MW elektrischer Leistung
- Neue Technologien (**Brennstoffzellen, Stirlingmotoren** usw.)

Es gibt ganz verschiedene WKK-Technologien. In dieser Statistik wird zwischen Klein- und Gross-WKK-Anlagen unterschieden.



\*Total-Energie-Anlagen (TEA); Direktgebläseantriebe

G:\1998\001\ALL-BER\lwkk-anl.drw

**Bild 2.2** Aufteilung der Wärmekraftkopplungstechnologien und -Leistungsbereiche in Klein- und Gross-WKK-Anlagen

Als Gross-WKK-Anlagen werden folgende Technologien bezeichnet (siehe auch Bild 2.2):

- **Dampfturbinen:**  
Es kann zwischen folgenden Dampfturbinen-Typen unterschieden werden: Entnahme-Gegendruckanlagen, Gegendruckanlagen, Entnahme-Kondensations-Anlagen.  
Reine Kondensationsanlagen werden nicht erfasst, da die anfallende Wärme nicht genutzt wird und es sich folglich nicht um WKK-Anlagen handelt.  
Einige kleinere Spezialaggregate (Speisepumpen-Antriebsturbine, Dampfmotor, ORC-Turbogenerator, Holzgas-Motor) wurden aus erhebungstechnischen Gründen ebenfalls der Gross-WKK-Statistik und bei Auswertungen den Dampfturbinen zugeordnet.
- **Gasturbinen** (ab 1 MW elektrischer Leistung):  
Gasturbinen bis 1 MW elektrischer Leistung werden im Rahmen der Klein-WKK-Statistik erfasst. Ab 1 MW sind sie im vorliegenden Bericht den Gross-WKK-Anlagen zugeordnet.
- **Kombianlagen:**  
Bei Kombiheizkraftwerken wird einer Gasturbine ein Hochdruckabhitzeessel mit Dampfturbine nachgeschaltet. Dadurch kann ein höherer elektrischer Nutzungsgrad erzielt werden.

## 2.3 Definition Wärmekraftkopplung (WKK)

Im vorliegenden Bericht werden thermische Stromproduktionsanlagen als WKK-Anlagen betrachtet, wenn mindestens 60 % der eingesetzten Energie in Elektrizität und genutzte Heiz- oder Prozesswärme umgewandelt werden. Als zweites Kriterium muss bei einer WKK-Anlage die Stromproduktion mindestens 5 % des Energieinputs betragen.

Im Gegensatz zu konventionellen, thermischen Kraftwerken wird die bei der Stromproduktion anfallende Abwärme bei Wärmekraftkopplungsanlagen vollständig oder mindestens teilweise genutzt. Bei WKK-Anlagen werden folglich die eingesetzten Energieträger sowohl in hochwertige Elektrizität als auch in nutzbare Wärmeenergie umgewandelt.

Auch bei Abfallbehandlungsanlagen wird häufig aus Kehrlicht oder Deponiegas sowohl Strom als auch Wärme erzeugt. Es stellt sich die Frage, ob solche Anlagen generell als WKK-Anlagen bezeichnet werden können.

In Bild 2.3 sind alle schweizerischen Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) in Abhängigkeit ihres elektrischen und thermischen Jahresnutzungsgrades eingetragen. Diese sind wie folgt definiert:

- Elektrischer Nutzungsgrad ( $\text{Eta}_{\text{el}}$ )= prod. Elektrizität/verbrauchte Energiemenge
- Thermischer Nutzungsgrad ( $\text{Eta}_{\text{th}}$ )= genutzte Wärme<sup>1)</sup>/verbrauchte Energiemenge
- Gesamtnutzungsgrad ( $\text{Eta}_{\text{Tot}}$ ) =  $\text{Eta}_{\text{el}}$  +  $\text{Eta}_{\text{th}}$

1) Für Eigenbedarf und Verkauf genutzte Wärme (d.h. ohne ungenutzte Überschusswärme)

Voraussetzung für die Bezeichnung als WKK-Anlage ist in dieser Statistik, dass mindestens 5 % der eingesetzten Energie in Strom und insgesamt 60 % in Nutzenergie (Strom und Wärme) umgewandelt wird.

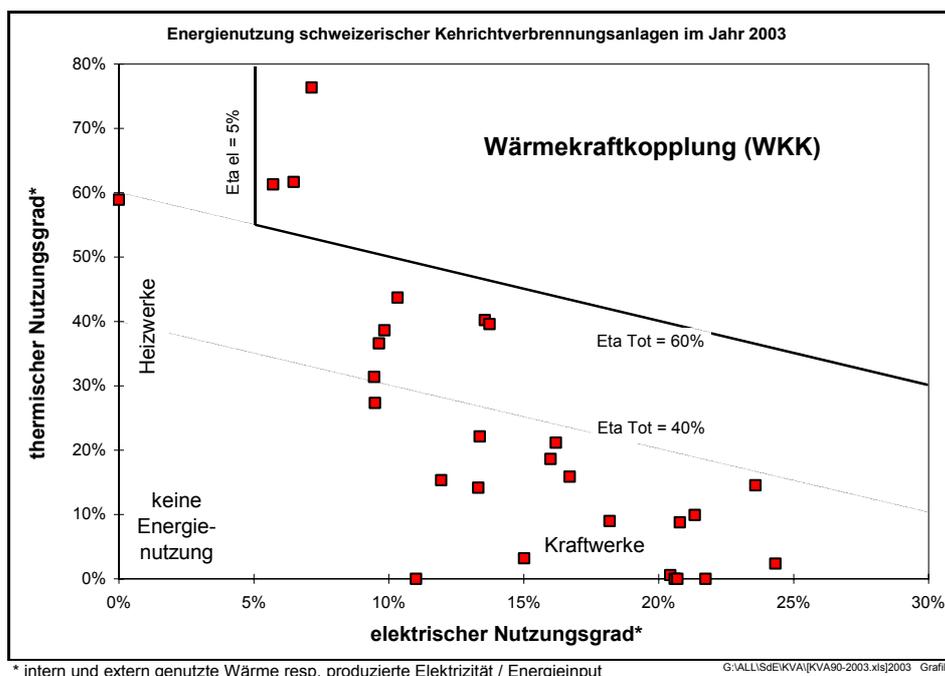
Viele KVA weisen zwar einen elektrischen Nutzungsgrad über 10 % auf. Beim grösseren Teil dieser KVA beträgt der thermische Nutzungsgrad weniger als 20 %. In Bild 2.3 wurden diese KVA als **Kraftwerke** bezeichnet.

Andererseits gibt es auch Kehrichtverbrennungsanlagen, bei denen zwar beachtliche Wärmemengen genutzt werden ( $\eta_{th}$  über 50 %), aber nur wenig Strom produziert wird. Diese Anlagen sind in Bild 2.3 als **Heizwerke** bezeichnet.

Es gilt nun am Beispiel der KVA festzulegen, welche Anlagen als **WKK-Anlagen** bezeichnet werden. Im Rahmen dieses Berichtes müssen folgende Bedingungen eingehalten werden (siehe Bild 2.3):

- Der Gesamtnutzungsgrad der Anlage muss mindestens 60 % betragen ( $\eta_{Tot} \geq 60\%$ ). Diese anspruchsvolle Bedingung wurde so festgelegt, dass WKK-Anlagen auch in absehbarer Zukunft höhere Gesamtnutzungsgrade als thermische Kraftwerke ohne Abwärmenutzung aufweisen. Als weiteren Punkt gilt es zu beachten, dass WKK-Anlagen nicht wesentlich schlechtere Gesamtnutzungsgrade aufweisen sollten als normale Feuerungsanlagen.
- WKK-Anlagen müssen einen minimalen elektrischen Nutzungsgrad von 5 % erreichen ( $\eta_{el} \geq 5\%$ ). Dadurch ist eine Abgrenzung gegenüber Heizwerken mit marginaler elektrischer Ausbeute gewährleistet.

Selbstverständlich muss beispielsweise bei Kehrichtverbrennungsanlagen jährlich mit den entsprechenden Betriebsdaten geprüft werden, ob die Anlage als WKK-Anlage bezeichnet werden kann oder nicht.



**Bild 2.3** Jahresnutzungsgrade der schweizerischen Kehrichtverbrennungsanlagen im Jahr 2003

## 2.4 Anlagekategorien

Die erfassten Anlagen werden in neun Kategorien unterteilt (siehe Bild 2.4). Bei den Kategorien T1 bis T4 handelt es sich um thermische Stromproduktionsanlagen mit geringer oder fehlender Abwärmenutzung. Die stromproduzierenden WKK-Anlagen sind in den Kategorien W1 bis W4 aufgeteilt. Kategorie W5 umfasst die nicht stromproduzierenden Klein-WKK-Anlagen. Dabei handelt es sich um Wärmepumpen, die mit Gas- oder Dieselmotoren angetrieben werden.

**Gliederung der erfassten Technologien.**

Zuordnungen		Nr. Kat.	Anlagenkategorie	Beschreibung	Bericht	
<b>Thermische Stromproduktion</b> (Kap. 3, Anh. A)		<b>T1</b>	<b>diverse therm. Stromerzeuger</b>	div. thermische Stromerzeuger mit keiner o. geringer Abwärmenutzung (z.B. Notstromanlagen)	Kap. 3	
		<b>T2</b>	<b>Vouvry</b>	ölthermische Kraftwerk Vouvry	Kap. 3	
		<b>T3</b>	<b>Deponigasverstromung</b>	mit Deponiegas betriebene Gasmotoren, welche die WKK-Bedingungen* nicht erfüllen	Kap. 7.2 Anh. E.2	
		<b>T4</b>	<b>Kehrichtverbrennungsanl. (KVA ohne WKK)</b>	KVA, welche die WKK-Bedingungen* nicht erfüllen	Kap. 7.1 Anh. E.1	
	<b>Wärmekraftkopplung (WKK)*</b> (Kap. 4, Anh. B)	<b>Gross-WKK-Anlagen**</b> (Kap. 5, Anh. C)	<b>W1</b>	<b>Kehrichtverbrennungsanl. (KVA mit WKK)</b>	KVA, welche die WKK-Bedingungen* erfüllen	Kap. 7.1 Anh. E.1
			<b>W2</b>	<b>Industrie</b>	industrielle Gross-WKK-Anlagen	Kap. 5.2
			<b>W3</b>	<b>Fernheizkraftwerke u.a.</b>	Gross-WKK-Anlagen in öffentlichen Fernheizkraftwerken (inkl. einzelne Spezialfälle)	Kap. 5.3
			<b>W4</b>	<b>stromprod. Klein-WKK</b>	Blockheizkraftwerke (mit Gas- und Dieselmotoren) und Gasturbinen < 1 MWe	Kap. 6 Anh. D
			<b>W5</b>	<b>nicht stromprod. Klein-WKK</b>	mit Gas- oder Dieselmotoren angetriebene Wärmepumpen	Kap. 6 Anh. D
		<b>Klein-WKK-Anlagen**</b> (Kap. 6, Anh. D)				

G:\1999\007\ALL-AUSW\STRUKTUR.XLS

Kommentare:

\* Bedingungen für die statistische Bezeichnung als Wärmekraftkopplungs(WKK)-Anlagen:

Eta Tot >= 60% und Eta El >= 5%

Bei WKK-Anlagen muss während des betrachteten Betriebsjahres mind. 60% der eingesetzten Energie in Elektrizität und Wärme, welche genutzt wird, umgewandelt werden. Der elektrische Jahresnutzungsgrad muss mindestens 5% betragen. Weitere Angaben finden sich in Kap. 2.3.

\*\* Aus erhebungstechnischen Gründen wird weiterhin zwischen Gross- und Klein-WKK-Anlagen unterschieden. Sämtliche Gas- und Dieselmotoren sowie Gasturbinen bis 1 MWe werden als Klein-WKK-Anlagen bezeichnet (sofern die WKK-Bedingungen eingehalten werden). Weitere Angaben finden sich in Kap. 2.2.

**Bild 2.4 Anlagekategorien des vorliegenden Berichtes**

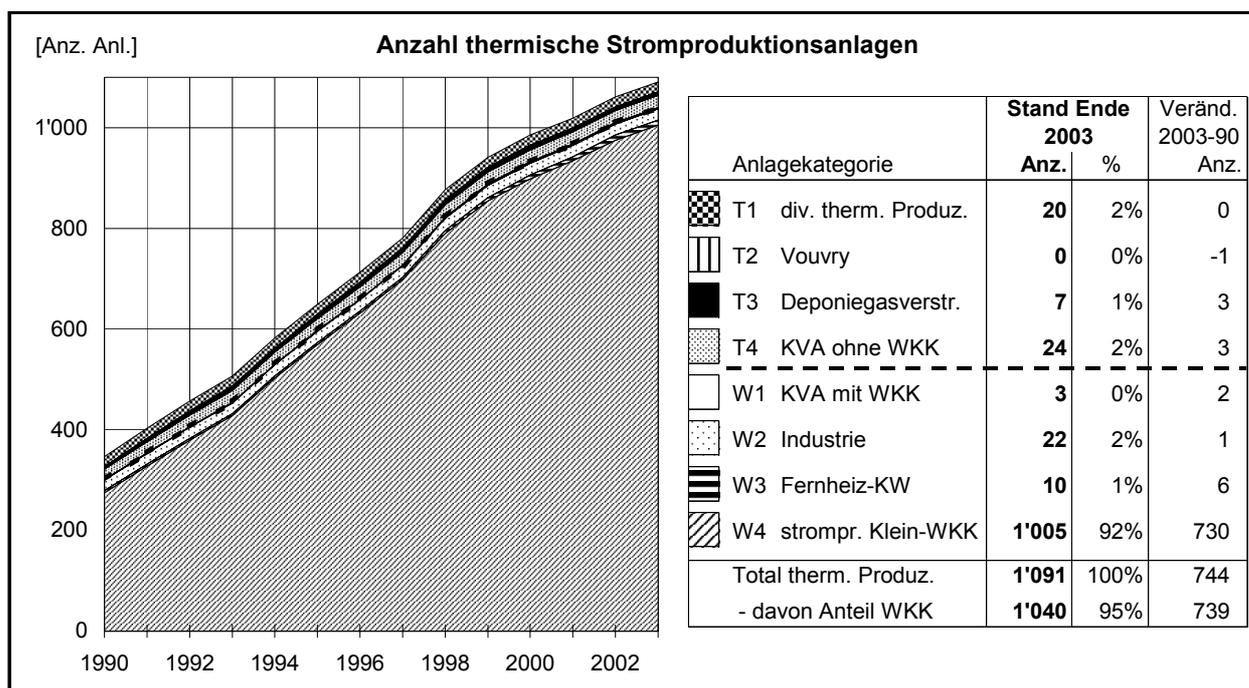
### 3. Thermische Stromerzeugung

In Kapitel 3 wird die gesamte thermische Stromerzeugung in der Schweiz der Jahre 1990 bis 2003 quantifiziert. Als Grundlage dienen die Erhebungen der Dr.EICHER+PAULI AG. Die detaillierten Auswertungen finden sich im Anhang A.

#### 3.1 Anlagen und elektrische Leistungen

Rund 1'091 Anlagen haben im Jahr 2003 in der Schweiz zur thermischen Stromproduktion beigetragen (siehe Bild 3.1a). Abgesehen von hier nicht erfassten Notstromanlagen wird bei gut 50 Anlagen die Abwärme nicht genutzt (Kat. T1 bis T4). Bei den restlichen 1'040 WKK-Anlagen wird die bei der Stromproduktion anfallende Abwärme meist, soweit technisch möglich, genutzt. Die Klein-WKK-Anlagen sind mit Abstand die grösste Anlagenkategorie (W4). Deren Anzahl hat seit Anfang der neunziger Jahre um 726 Anlagen zugenommen.

Ende 2003 waren 1'091 thermische Stromproduktionsanlagen (ohne Kernkraftwerke) in Betrieb.



G:\2004\1005\All-Ausw\ANZ-AB90.xls\Ausw-Graf Ber4

Bild 3.1a Entwicklung der Anzahl thermischer Stromproduktionsanlagen

(siehe Anhang A.1a)

Die gesamte elektrische Nennleistung aller thermischen Stromproduzenten betrug Ende 2003 knapp 833 MW (Bild 3.1b). Die elektrische Leistung aller WKK-Anlagen betrug Ende 2003 rund 511 MWe.

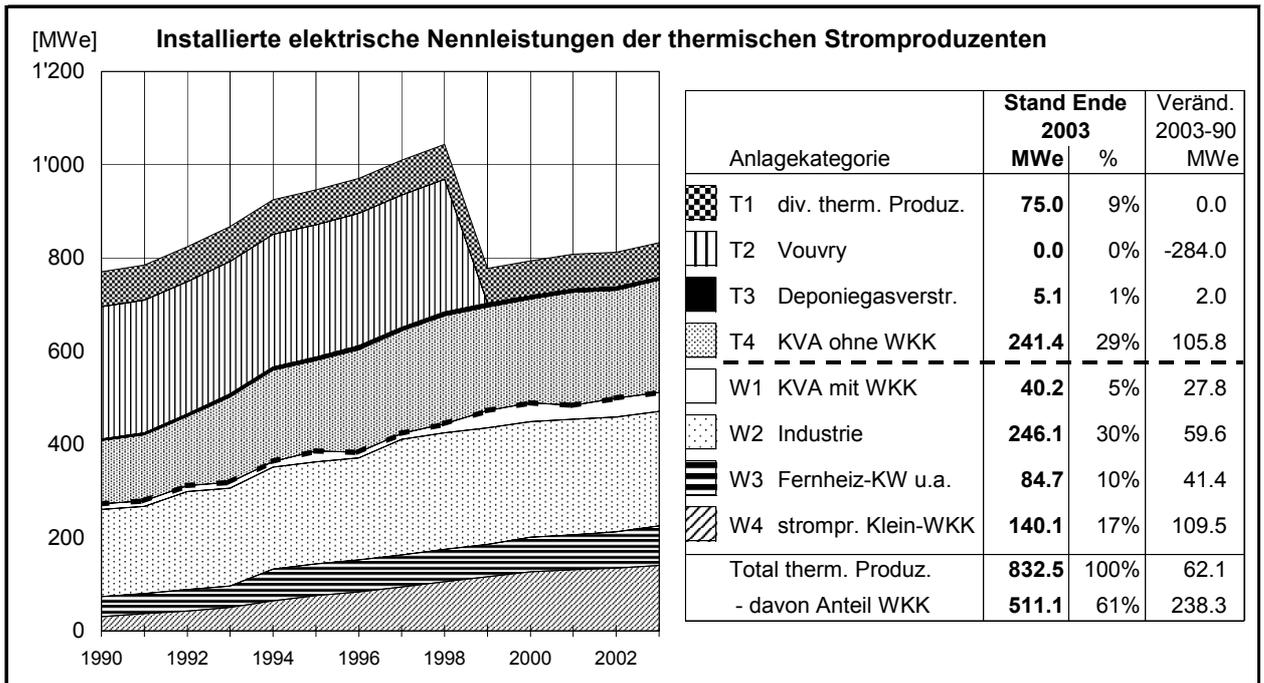


Bild 3.1b Entwicklung der installierten elektrischen Nennleistungen

G:\2004\1005\All-Ausw[LEI-AB90.xls]Ausw-Graf Ber4  
(siehe Anhang A.1b)

## 3.2 Stromproduktion 1990 - 2003

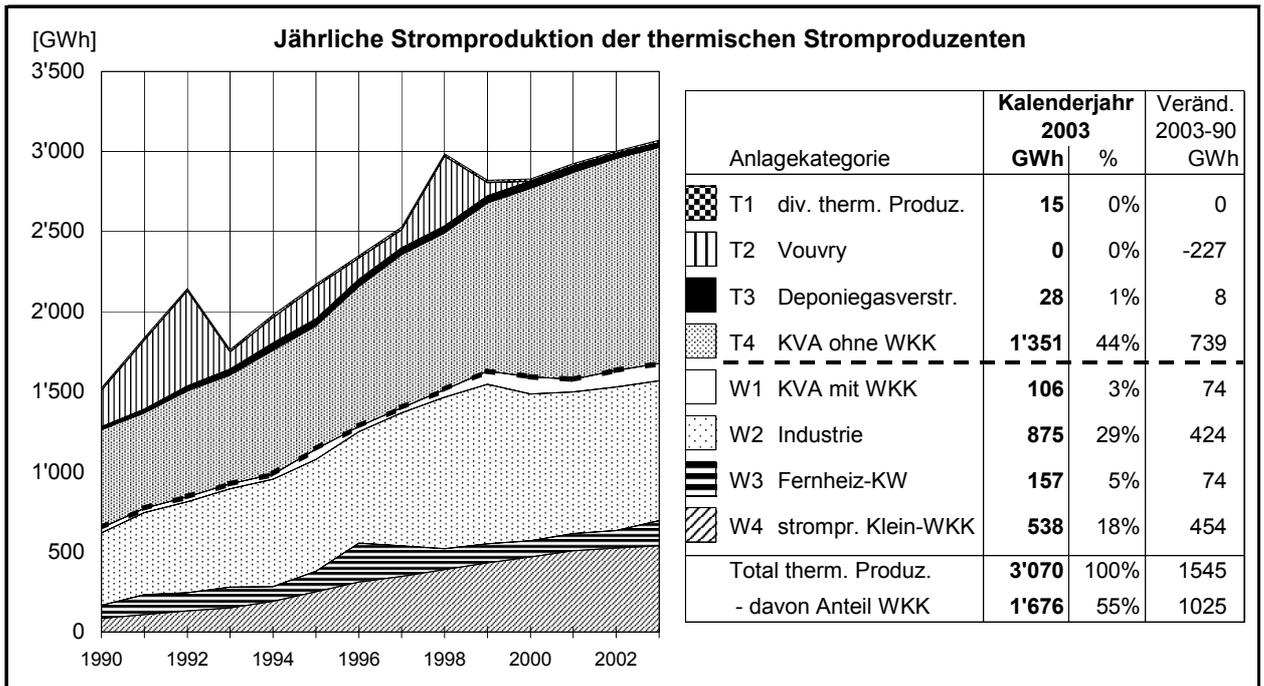
Im Jahr 2003 betrug die thermische Stromproduktion in der Schweiz 3'070 GWh (siehe Bild 3.2a). Neben den 36'445 GWh aus Wasserkraftwerken und den 25'931 GWh aus Kernkraftwerken haben die thermischen Stromerzeuger im Jahr 2003 einen Beitrag von 4.7 % an die gesamte Landeserzeugung erbracht.

55 % der thermischen Stromproduktion wurde 2003 mit WKK-Anlagen erzeugt. Der grösste Teil davon wurde in Gross-WKK-Anlagen in der Industrie und in Fernheizkraftwerken produziert. Der Beitrag der Klein-WKK-Anlagen betrug mit 538 GWh bereits 18 % der thermischen Stromerzeugung.

Deutlich weniger als die Hälfte (nämlich nur 45 %) der thermischen Stromproduktion erfolgte im Jahr 2003 in Kraftwerken mit geringer oder keiner Abwärmenutzung. Dabei handelt es sich zum grössten Teil um Kehrichtverbrennungsanlagen.

Die thermische Stromproduktion hat seit 1990 um 1'546 GWh zugenommen. Dies entspricht einer Verdoppelung seit 1990. Die grössten Beiträge an diese Zunahme haben die industriellen Gross-WKK-Anlagen (Kat. W2), die Kehrichtverbrennungsanlagen (Kat. T4 und W1) sowie die Klein-WKK-Anlagen (Kat. W4) geleistet. Hingegen hat die Elektrizitätserzeugung im ölthermischen Kraftwerk Vouvry sehr stark geschwankt und entfällt seit der Stilllegung (30.09.1999) ganz.

**Die thermische Stromproduktion (ohne Kernkraftwerke) betrug im Jahr 2003 rund 3'070 GWh, resp. 4.7 % der schweizerischen Landeserzeugung.**

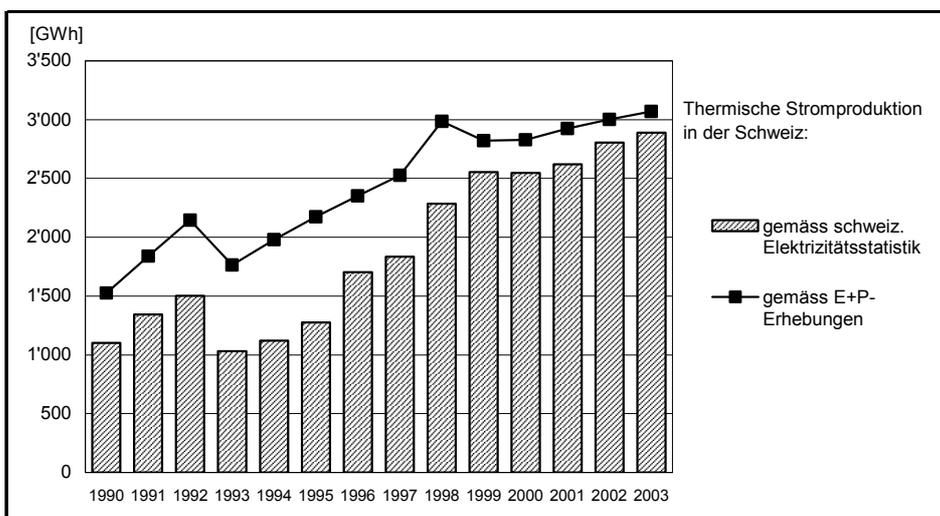


G:\2004\1005\All-Ausw[STR-AB90.xls]Ausw-Graf Ber4

**Bild 3.2a** Thermische Stromproduktion der Jahre 1990 bis 2003

(siehe Anhang A.1c)

Insgesamt hat die thermische Stromproduktion des Jahres 2003 gemäss den vorliegenden Erhebungen rund 3'070 GWh betragen. In der offiziellen Elektrizitätsstatistik wurde für das gleiche Jahr nur 2'890 GWh ausgewiesen. Folglich wurden darin 180 GWh resp. 6 % der effektiven thermischen Stromproduktion nicht erfasst. Bild 3.2b zeigt die Differenz zwischen den in diesem Bericht ausgewiesenen Resultaten sowie denjenigen der Elektrizitätsstatistik der vergangenen Jahre. Die seit einigen Jahren begonnene schrittweise Angleichung der Zahlen in der Elektrizitätsstatistik ist nun bald abgeschlossen.



G:\2004\1005\All-Ausw[STR-AB90.xls]Ausw-Graf Ber5

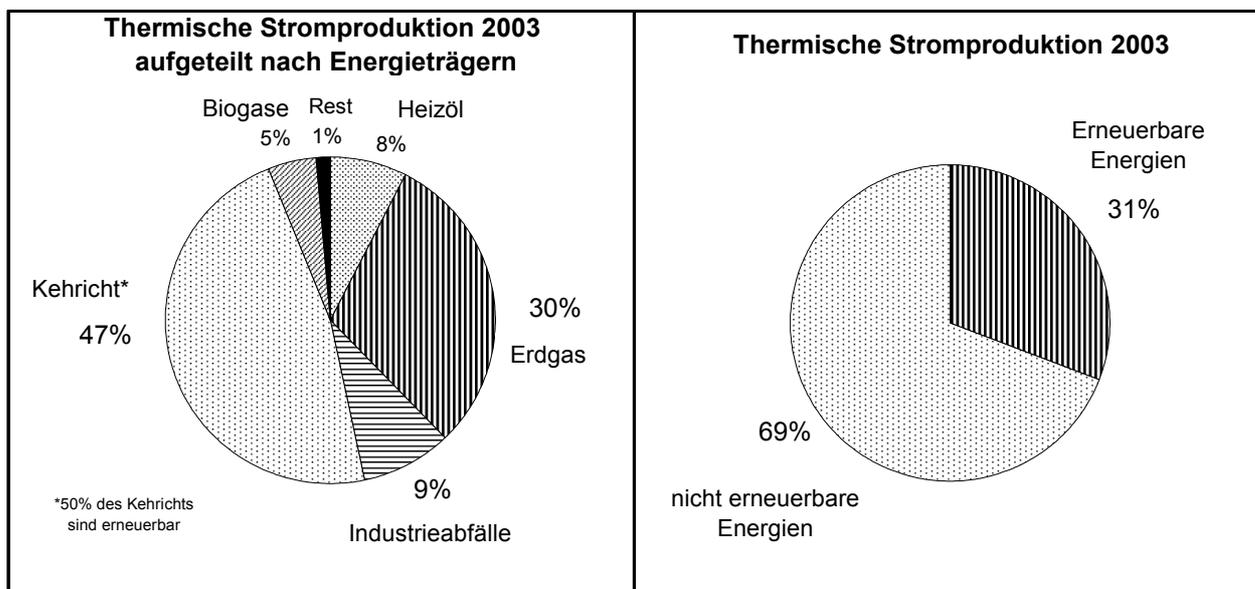
**Bild 3.2b** Thermische Stromproduktion der Jahre 1990 bis 2003: Vergleich der offiziellen schweizerischen Elektrizitätsstatistik mit den vorliegenden Erhebungsergebnissen

### 3.3 Energieträger 2003

In Bild 3.3 wird gezeigt, welche Energieträger im Jahre 2003 für die thermische Stromproduktion eingesetzt wurden. Der aus Kehricht stammende Strom weist mit 47 % den grössten Anteil auf. Erdgas (30 %), Industrieabfälle (9 %), Heizöl (7 %) und Biogase (5 %) sind die weiteren Energieträger. Bei den industriellen Abfällen handelt es sich um Raffinerierückstände, Lösungsmittel, Schlämme aus der Papierproduktion und Chemieabfälle.

**Kehricht (47 %) und Erdgas (30 %) sind die dominanten Energieträger bei der thermischen Stromproduktion.**

Knapp ein Drittel der thermischen Stromerzeugung basiert auf erneuerbaren Energieträgern. Dabei wurde berücksichtigt, dass gemäss Abfallanalysen rund die Hälfte des verbrannten Kehrichts erneuerbaren Ursprungs ist. Auch die verschiedenen Biogasarten (Klärgas, Deponiegas, Biogas aus Vergärungsanlagen in Landwirtschaft, Gewerbe und Industrie) weisen einen nennenswerten Beitrag zur thermischen Stromproduktion mit erneuerbaren Energieträgern auf.



Ausdruck: 02.08.2004

G:\2004\1005\All-Ausw\ENERG-2003-V2.xls\Anhang A.2 Ber3 resp. Ber6

**Bild 3.3 Thermische Stromproduktion 2003 aufgeteilt nach Energieträgern**

(siehe Anhang A.2)

Angaben zum Bruttoenergieverbrauch der Anlagen zur thermischen Stromproduktion finden sich in den Anhängen A.3 und A.4.

## 4. Wärmekraftkopplung (WKK)

In diesem Kapitel finden sich einige übergeordnete Auswertungen zur Gesamtheit aller WKK-Anlagen in der Schweiz.

### 4.1 Übersicht

Ende 2003 waren in der Schweiz 1'040 WKK-Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von 511 MW in Betrieb. Im Kalenderjahr 2003 haben die WKK-Anlagen 1'676 GWh Elektrizität produziert. Dies entspricht 55 % der thermischen und 2.6 % der gesamten schweizerischen Stromproduktion.

2.6 % der gesamten schweizerischen Stromproduktion stammt aus WKK-Anlagen.

Wie Tabelle 4.1a zeigt, haben sowohl die installierte WKK-Leistung als auch die WKK-Stromproduktion im Jahre 2003 wieder zugenommen. Im Jahr 2001 musste noch aus folgenden Gründen eine leichte Abnahme registriert werden:

- Bei den Kehrichtverbrennungsanlagen ist je nach erreichten Jahresnutzungsgraden ein jährlicher Wechsel zwischen den Kategorien "KVA mit WKK (W1)" und "KVA ohne WKK (T4)" möglich. Im Jahre 2001 erreichte eine KVA im Gegensatz zum Vor- und dem Folgejahr den WKK-Status knapp nicht.
- Die industrielle WKK-Stromproduktion hat in den Jahren 2000 und 2001 um 11 % abgenommen. Nach einem leichten Anstieg im Vorjahr ist sie nun aber erneut leicht gesunken.

Die Zunahme der WKK-Anlagenzahl lag im 2003 mit 30 zusätzlichen Anlagen deutlich unter dem Durchschnitt der letzten 5 Jahre.

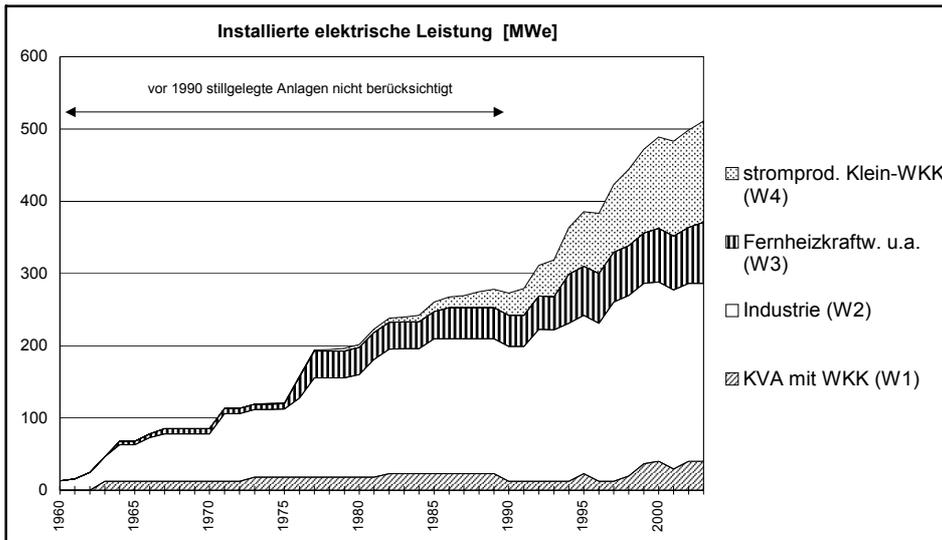
	Total 2003	Jährlicher Zuwachs	
		2003	Ø 1999 - 2003
Anzahl Anlagen*	1'040	30	44 Anl./a
Elektrische Leistung*	511 MW <sub>e</sub>	12	13 MW <sub>e</sub> /a
Jahresstromproduktion	1'676 GWh	42	32 GWh/a

\* Bestand per Jahresende

**Tabelle 4.1a** Übersicht über die WKK-Anlagen in der Schweiz  
[Anlagekat. W1, W2, W3, W4] (siehe Anhänge A.1)

Die Entwicklung der elektrischen Nennleistungen aller WKK-Anlagen seit 1960 ist in den zwei nachstehenden Bildern dargestellt.

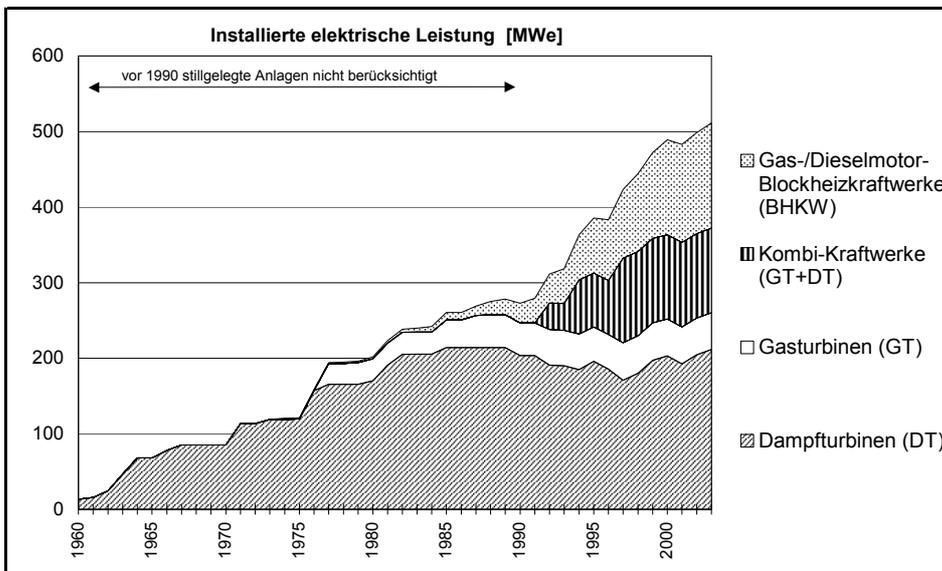
Bild 4.1b zeigt die Aufteilung nach Anlagekategorien. Dabei wird ersichtlich, dass erst ab 1985 die Verbreitung der Klein-WKK-Anlagen zugenommen hat. Der Einsatz von Gross-WKK-Anlagen in Industriebetrieben und Kehrichtverbrennungsanlagen hat in den 60er Jahren begonnen.



G:\2004\1005\All-Ausw\LE2-AB60.XLS\Anhang B.1a Ber3

**Bild 4.1b Elektrische Nennleistungen der WKK-Anlagen aufgeteilt nach Anlagekategorien**  
(siehe Anhang B.1a)

Die WKK-Entwicklung nach Technologien in Bild 4.1c zeigt, dass bis Mitte der 70er Jahre fast ausschliesslich Dampfturbinen eingesetzt wurden. Die Nennleistung von reinen Dampfturbinenanlagen hat in den letzten Jahren stagniert. In den neunziger Jahren haben die Kombianlagen (d.h. der kombinierte Betrieb von Gas- und Dampfturbinen) eine sehr starke Zunahme erfahren. Dies trifft auch für die Vielzahl von Blockheizkraftwerken (BHKW) zu.



G:\2004\1005\All-Ausw\LE1-AB60.XLS\Haupttabelle Ber3

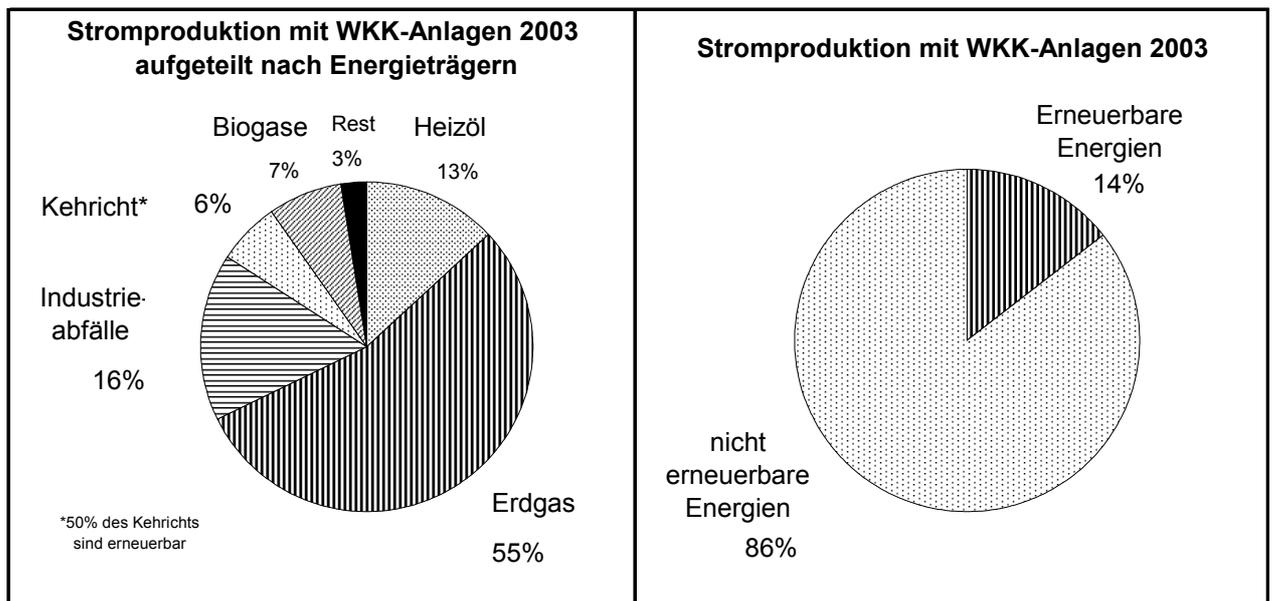
**Bild 4.1c Elektrische Nennleistungen der WKK-Anlagen aufgeteilt nach Technologien**  
(siehe Anhang B.1b)

## 4.2 Energieträger 2003

Unter Punkt 3.3 wurde die gesamte thermische Stromproduktion des Jahres 2003 nach Energieträgern aufgeteilt. In Bild 4.2 findet sich die analoge Aufteilung für die Stromproduktion mit WKK-Anlagen.

Erdgas ist mit 55 % der wichtigste Energieträger. Industrieabfälle und Heizöl sind mit Anteilen von 16 und 13 % weitere wichtige Energieträger bei der Elektrizitätserzeugung in WKK-Anlagen. Die verschiedenen Biogasarten (Klärgas, Deponiegas, Biogas aus Vergärungsanlagen in Landwirtschaft, Gewerbe und Industrie) weisen einen Anteil von 7 % auf.

Der Hauptenergieträger der WKK-Anlagen ist mit 55 % Anteil eindeutig Erdgas.



G:\2004\1005\All-Ausw\ENERG-2003-V2.xls\Anhang A.2 Ber1

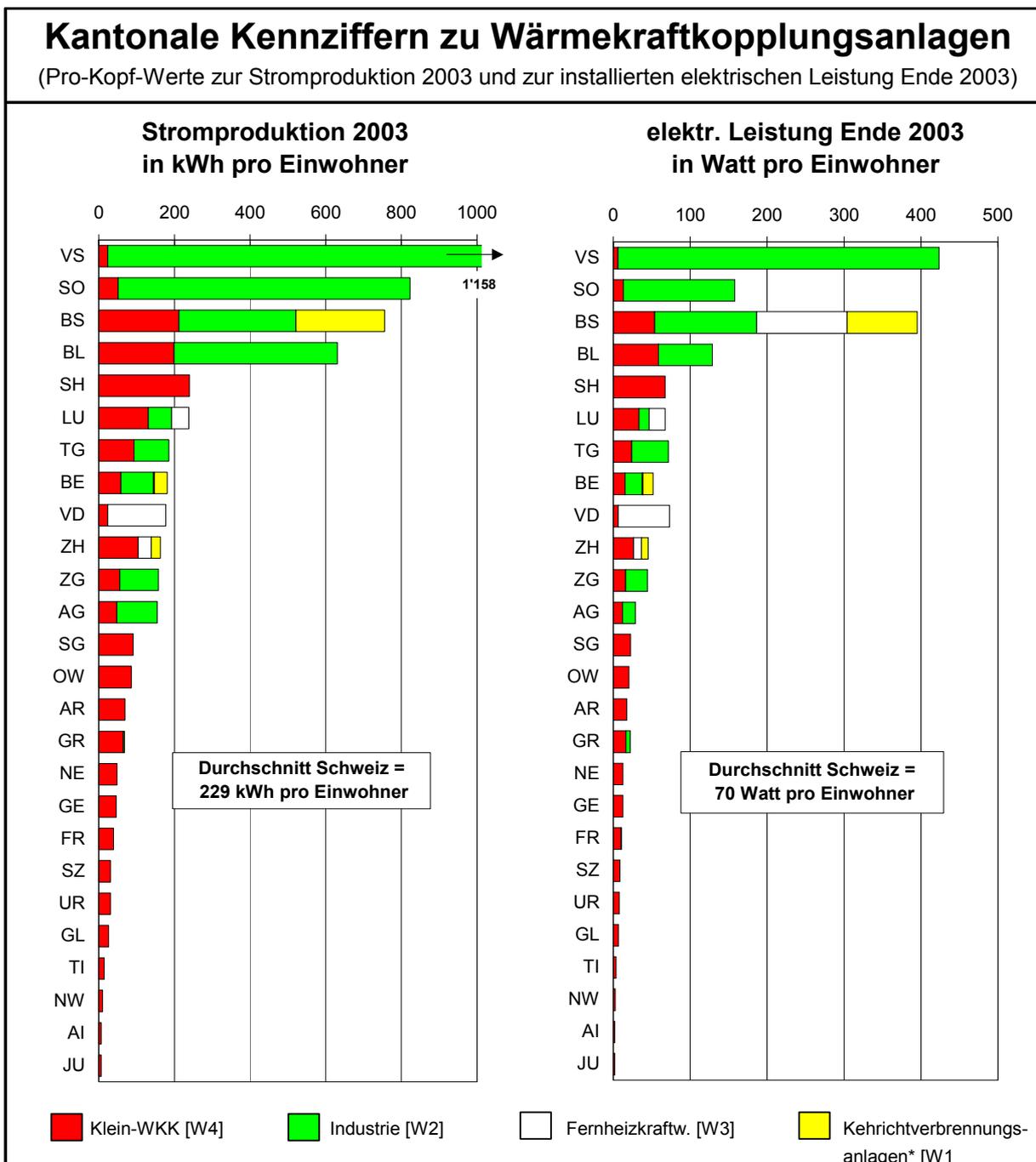
Bild 4.2 Aufteilung der WKK-Stromproduktion 2003 nach Energieträgern

(siehe Anhang A.2)

### 4.3 Auswertung nach Kantonen

Im Bild 4.3 wird die kantonale Verbreitung von WKK-Anlagen mittels Pro-Kopf-Werten dargestellt. Die Kantone Wallis und Solothurn sind dank den Anlagen in Industriebetrieben die WKK-Spitzenreiter der Schweiz. Basel-Stadt weist neben den industriellen WKK-Anlagen auch viele Blockheizkraftwerke für Nahwärmeverbundenanlagen sowie die WKK-Produktion in der Kehrichtverbrennungsanlage auf.

Wallis und Solothurn sind die WKK-Spitzenreiter.



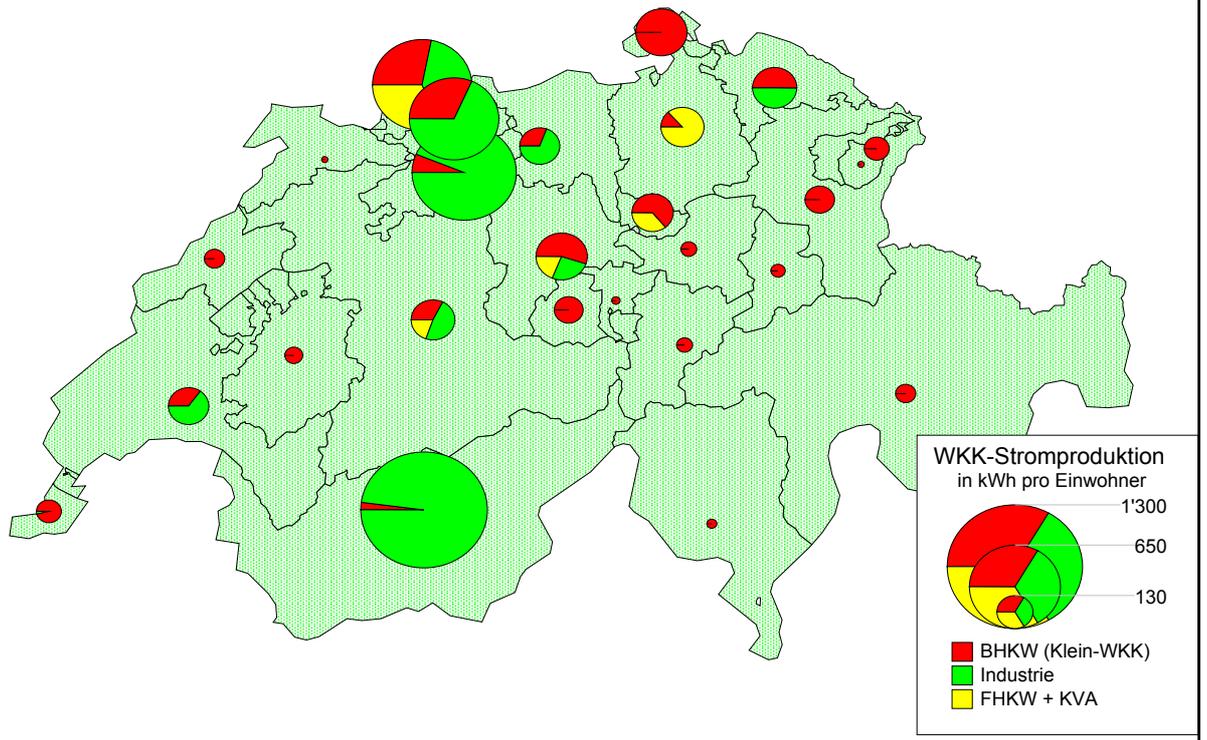
\*nur KVA, welche als WKK-Anlagen definiert wurden

G:\2004\1005\All-Ausw\KT-WKK2003.xls\AuswGraf\_Ber2

Bild 4.3 Kantonale Pro-Kopf-Werte aller WKK-Anlagen

(siehe Anhang B.2)

## Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz - Jahr 2003



© Dr.EICHER+PAULI AG, Liestal

G:\2004\1005\All-Ausw[WKK-Kantonsgrafik.xls]aktuelles Jahr

**Bild 4.4 Kantonale Verteilung der WKK-Stromproduktion pro Einwohner**

(siehe Anhang B.2)

BHKW = Blockheizkraftwerke; FHKW = Fernheizkraftwerke (u.a.); KVA = Kehrichtverbrennungsanlagen mit WKK



## 5. Gross-WKK-Anlagen

Wie unter Punkt 2.3 erläutert, wird im vorliegenden Bericht zwischen Klein- und Gross-WKK-Anlagen unterschieden. In diesem Kapitel werden einige Spezialauswertungen zu den Gross-WKK-Anlagen insbesondere in der Industrie und Fernheizkraftwerken präsentiert. Die detaillierten Auswertungen finden sich im Anhang C.

### 5.1 Übersicht

Ende 2003 waren 35 Gross-WKK-Anlagen in Betrieb. Dabei handelt es sich um drei Anlagen in Kehrlichtverbrennungsanlagen (siehe Kap. 7.1), 22 Anlagen in der Industrie (siehe Kap. 5.2) sowie zehn Anlagen in Fernheizkraftwerken (siehe Kap. 5.3).

68 % der WKK-Stromproduktion wird in Anlagen ab 1 MWe erzeugt (Gross-WKK-Anlagen).

	Total	Jährlicher Zuwachs	
	2003	2003	Ø 1999 - 2003
Anzahl Anlagen*	35	0	0.6 Anl./a
Elektrische Leistung*	371 MW <sub>e</sub>	7.1	6.5 MW <sub>e</sub> /a
Jahresstromproduktion	1'138 GWh	27	3 GWh/a

\* Bestand per Jahresende

**Tabelle 5.1** Übersicht über die Gross-WKK-Anlagen in der Schweiz [Anlagekat. W1, W2, W3] (siehe Anhänge A.1)

Im Jahr 2003 hat die installierte elektrische Leistung der Gross-WKK-Anlagen um 7.1 MW zugenommen.

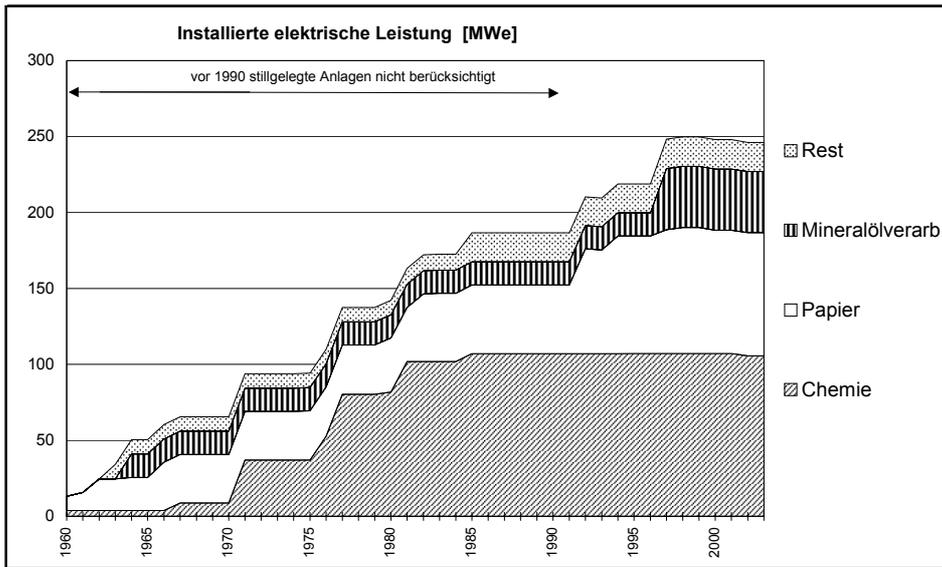
Die Jahresstromproduktion der Gross-WKK-Anlagen hat um gut 2 % auf 1'138 GWh zugenommen.

### 5.2 Industrie

Knapp drei Viertel des Gross-WKK-Bestandes steht in Industriebetrieben. Bild 5.2a zeigt die Entwicklung der elektrischen Leistung aufgeteilt nach Industriebranchen. Chemie und Papierindustrie sind ganz eindeutig diejenigen Branchen mit den meisten Gross-WKK-Anlagen.

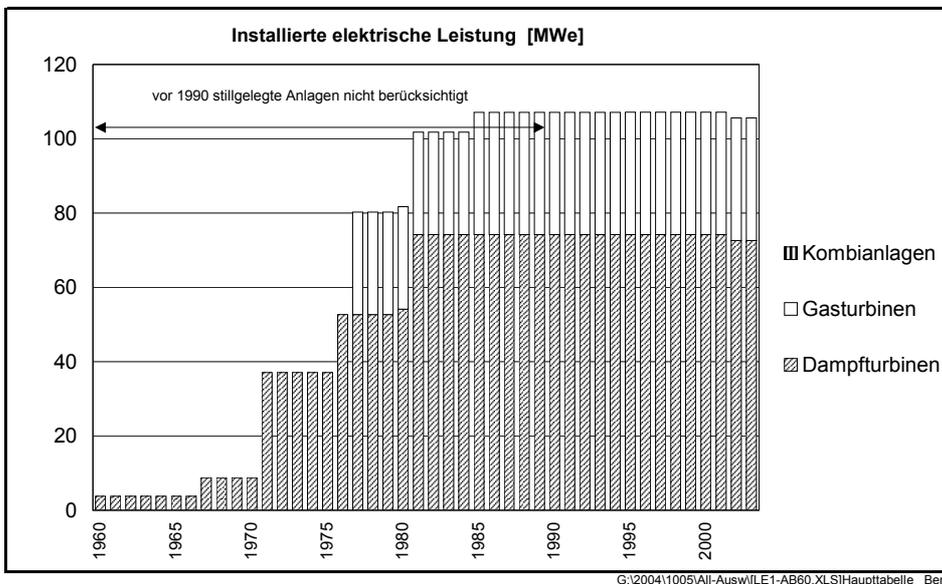
52 % des WKK-Stroms stammt aus Gross-WKK-Anlagen in Industriebetrieben.

Nach einer Stagnation in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre haben die industriellen Gross-WKK-Anlagen in den neunziger Jahren wieder zugenommen. Dies betrifft in erster Linie die Papier- und die mineralölverarbeitende Industrie. In den letzten fünf Jahren hat die installierte Leistung im Industriebereich zuerst stagniert und dann sogar leicht abgenommen.

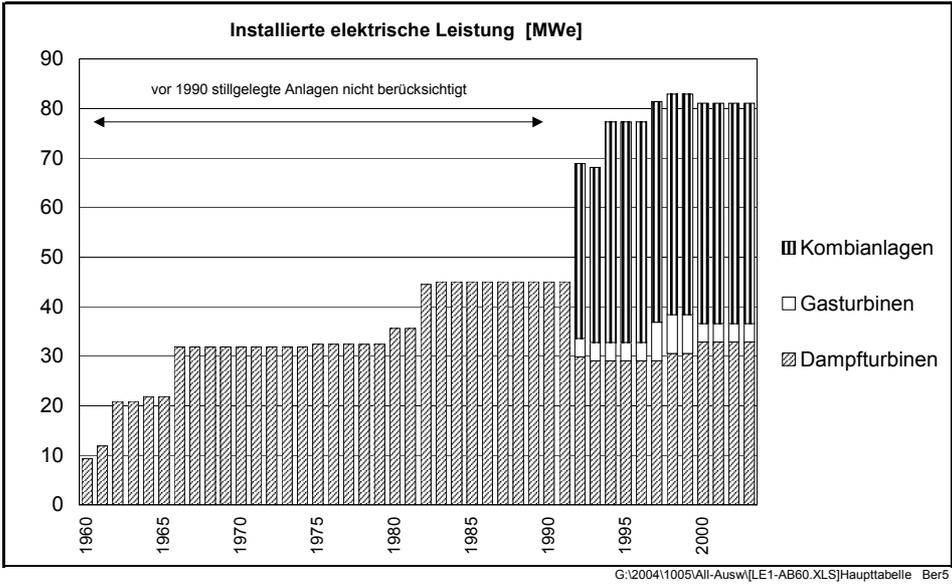


**Bild 5.2a Industrielle Gross-WKK-Anlagen aufgeteilt nach Branchen** (siehe Anhang Ca)

Die nachstehenden Bilder zeigen die eingesetzten Technologien in den verschiedenen Industriebranchen. In der chemischen Industrie werden ausschliesslich Gas- und Dampfturbinen betrieben (s. Bild 5.2b). In der Papierindustrie stammen rund die Hälfte der installierten Leistung aus kombinierten Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerken ("Kombianlagen" gemäss Bild 5.2c).

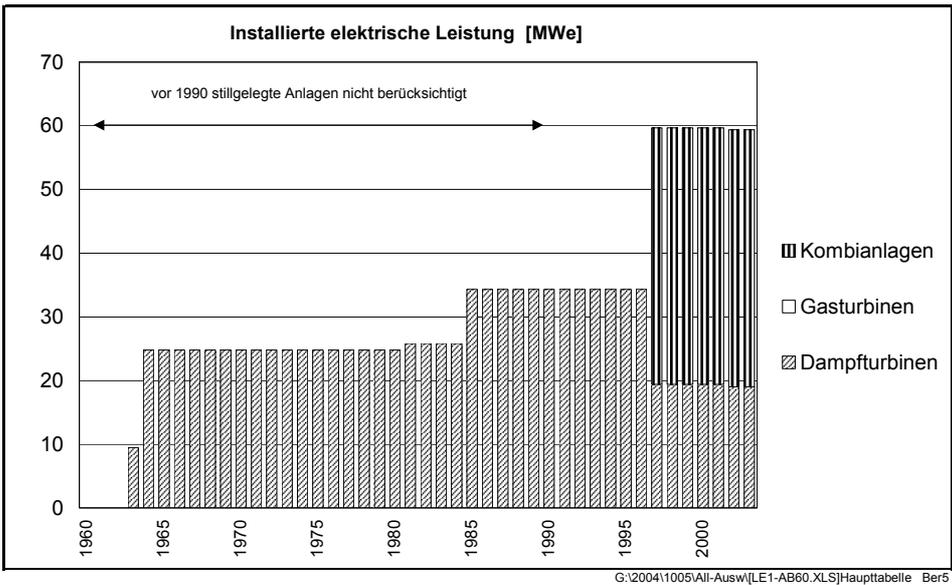


**Bild 5.2b Gross-WKK-Anlagen in der chemischen Industrie** (siehe Anhang Cb)



**Bild 5.2c** Gross-WKK-Anlagen in der Papierindustrie

(siehe Anhang Cc)



**Bild 5.2d** Industrielle Gross-WKK-Anlagen ohne Papier- und chemische Industrie

(siehe Anhang Cd)

### 5.3 Fernheizkraftwerke u.a.

Per Ende 2003 waren der Kategorie "Fernheizkraftwerke u.a." zehn Anlagen zugewiesen. Es handelt sich dabei in erster Linie um die Fernheizkraftwerke Voltastrasse in Basel (Dampfturbine, 22 MWe) und Pierre de Plan in Lausanne (Kombikraftwerk, 34 MWe). Aus wirtschaftlichen Gründen wurde das Fernheizkraftwerk Voltastrasse in Basel in den letzten Jahren jedoch nur wenige Stunden jährlich betrieben.

Fernheizkraftwerke (sowie einige Spezialanlagen) produzieren 6 % des WKK-Stroms.

Zur Vereinfachung werden im Rahmen dieses Berichtes auch folgende Spezialanlagen in der Kategorie "Fernheizkraftwerke u.a." ausgewiesen:

- Zwei Gasturbinen an der EPFL Lausanne mit zusammen 6 MWe.
- Die Wärmeversorgung des Flughafens Zürich mit zwei Dampfturbinen und einer Gasturbine mit zusammen 10 MWe.
- Die mit Holz betriebenen Dampfturbinen der Nahwärmeverbunde Meiringen (697 kWe; seit 1996) und Otelfingen (2.5 MWe, seit 2003).
- Die mit Holz betriebenen ORC-Turbogeneratoren in Bière (335 kWe; seit 1999) und in Crissier (600 kWe seit 2003).
- Das mit Holzgas betriebene Blockheizkraftwerk beim AC-Zentrum in Spiez (200 kWe; seit 2003).
- Eine Dampfturbine zur Abwärmenutzung bei der Transitgas AG in Ruswil (7.37 MWe; seit Ende 2002).

Hingegen werden die von Fernwärmeversorgern betriebenen Gas- und Dieselmotoren in diesem Bericht als Klein-WKK-Anlagen erfasst (siehe Kapitel 6).

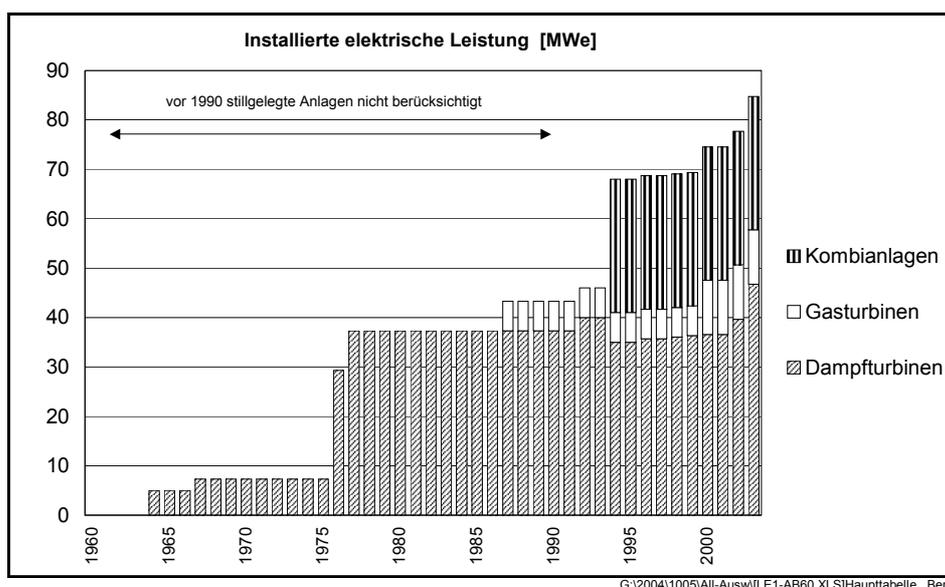


Bild 5.3a Gross-WKK-Anlagen in Fernheizkraftwerken aufgeteilt nach Technologien (siehe Anhang Ce)

## 6. Klein-WKK-Anlagen

Sämtliche Anlagen mit Gas- und Dieselmotoren sowie Gasturbinen bis 1 MW elektrischer Leistung werden in der vorliegenden Statistik als Klein-WKK-Anlagen bezeichnet, sofern mindestens 60 % der eingesetzten Energie in Form von Elektrizität und Wärme genutzt werden. Dabei ist zu unterscheiden zwischen stromproduzierenden Klein-WKK-Anlagen (Kat. W4) und den nicht stromproduzierenden Gas- und Dieselmotorwärmepumpen (Kat. W5).

Die detaillierten Auswertungen zu den Klein-WKK-Anlagen finden sich im Anhang D. Methodische und erhebungstechnische Angaben zur Klein-WKK-Statistik sind im Anhang F.2 umfassend dargestellt.

### 6.1 Bestand und Energie

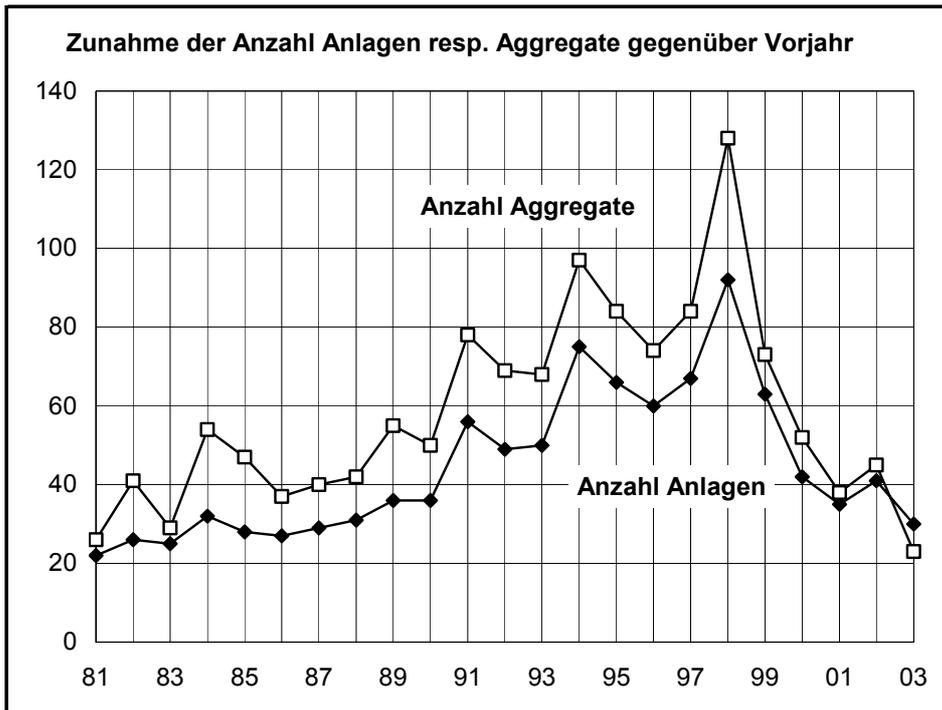
Analog zu den früher separat publizierten Ausgaben der Klein-WKK-Statistik wird im Kapitel 6.1 in der Regel nicht zwischen Klein-WKK-Anlagen mit oder ohne Stromproduktion unterschieden. In den meisten Detailauswertungen im Anhang ist aber eine klare Unterscheidung zwischen stromproduzierenden (Kat. W4) und nicht stromproduzierenden (Kat. W5) Klein-WKK-Anlagen vorhanden.

Die als Klein-WKK-Anlagen bezeichneten Gas- und Dieselmotor-Blockheizkraftwerke, Brennstoffzellen sowie die Gasturbinen bis 1 MWe haben im Jahr 2003 32 % des WKK-Stroms produziert.

#### 6.1.1 Anzahl Anlagen und Aggregate

Im Rahmen der Klein-WKK-Erhebungen wird zwischen Anlagen und Aggregaten differenziert. Eine Anlage entspricht einem Standort. In der Regel handelt es sich dabei um eine Heizzentrale, in welcher sich ein oder mehrere Klein-WKK-Aggregate befinden. Die letzteren werden häufig auch als Module bezeichnet. Im schweizerischen Mittel weist jede Anlage 1.3 Aggregate auf.

**Ende 2003 waren in der Schweiz insgesamt 1'057 Klein-WKK-Anlagen mit 1'389 Aggregaten in Betrieb.** Im Vergleich zu Ende 2002 bedeutet dies eine Zunahme um 30 Anlagen und 23 Aggregate. Bild 6.1a zeigt, dass in den vergangenen vier Jahren die Bestandeszunahme wesentlich geringer ausfiel als im Spitzenjahr 1998. Im Jahr 2003 ist der Bestandeszuwachs auf einen so tiefen Wert abgesunken, wie er seit den achtziger Jahren nicht mehr registriert wurde.



G:\2004\1005\KW-Ausw\AA-ANZ.XLS\Anhang D.2a Ber2

Bild 6.1a Jährliche Zunahme des Klein-WKK-Bestandes

(siehe Anhang D.2a)

### 6.1.2 Installierte Leistungen

Die 1'389 Klein-WKK-Aggregate, welche Ende 2003 in Betrieb waren, weisen zusammen eine Energie-Inputleistung von 428 MW auf (siehe Tabelle 6.1b). Die maximale elektrische Leistung dieser Klein-WKK-Anlagen beträgt 140 MW. Weitere 0.9 MW werden direkt zum Antrieb von Gebläsen in Kläranlagen genutzt.

Die Klein-WKK-Anlagen konnten Ende 2003 zusammen 249 MW thermische Leistung zur Beheizung von Gebäuden und zur Nutzung als Prozesswärme abgeben.

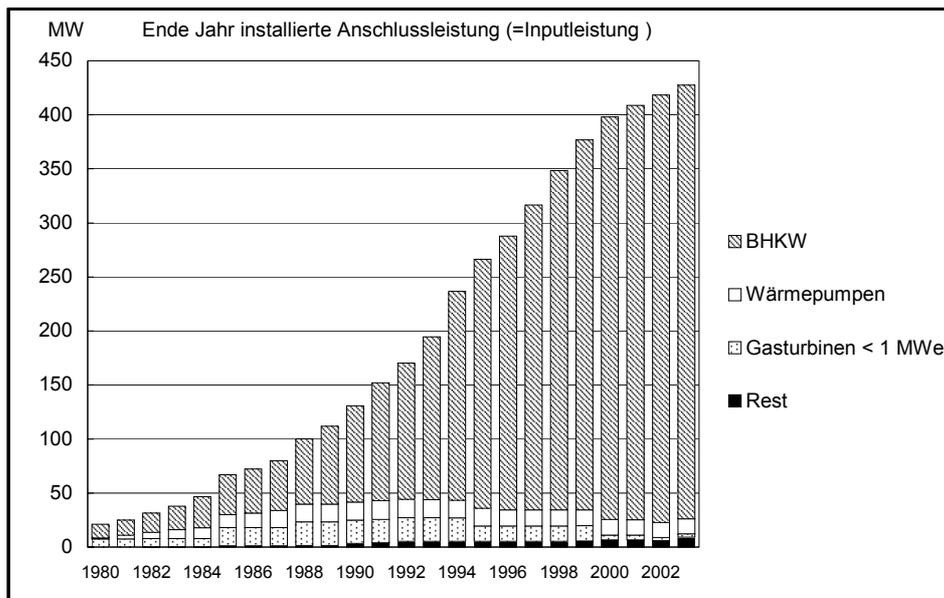
	Total	Jährlicher Zuwachs	
	Ende 2003	2003	Ø 1999 - 2003
Anzahl Anlagen	1'057	30	42 Anl./a
Anzahl Aggregate	1'389	23	46 Aggr./a
Energie-Inputleistung	427.5 MW	9.0	15.8 MW/a
Elektrische Leistung	140.1 MW <sub>e</sub>	5.3	6.9 MW <sub>e</sub> /a
Mechanische Leistung*	0.9 MW	- 0.2	- 0.15 MW/a
Heizleistung	248.6 MW <sub>th</sub>	4.5	7.2 MW <sub>th</sub> /a

\* Wellenleistung von Direkt-Gebläseantrieben in Kläranlagen

Tabelle 6.1b Bestand und installierte Leistungen Ende 2003 sowie Jahreszunahmen 2003 und im Zeitraum 1999 - 2003

In Tabelle 6.1b ist der Leistungszuwachs 2003 mit dem Durchschnitt der Jahre 1999 bis 2003 verglichen. Die installierte elektrische Klein-WKK-Leistung hat 2003 um 5.3 MW zugenommen. Dies entspricht noch rund 77 % der mittleren Leistungszunahme der Vorjahre.

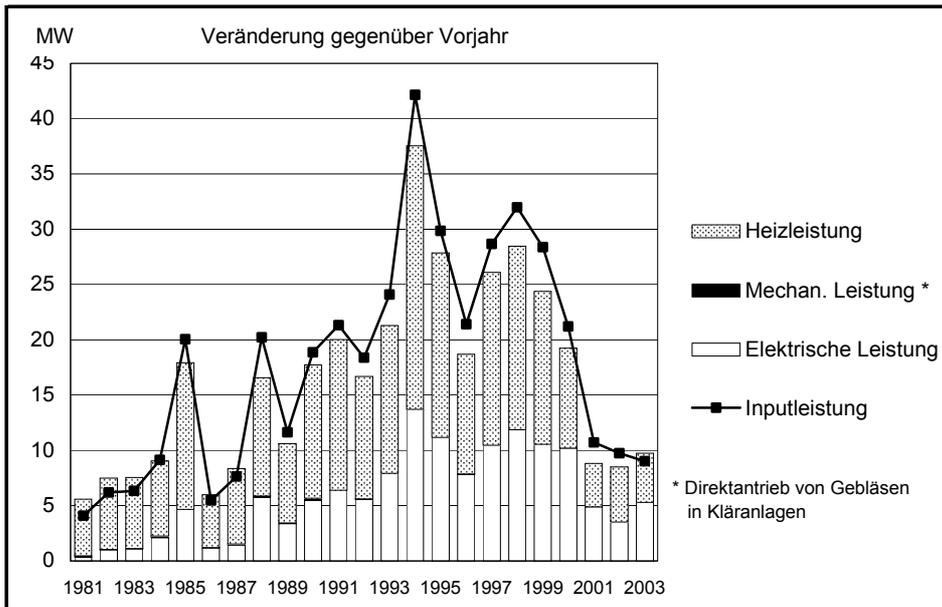
Bild 6.1c zeigt die Entwicklung der jeweils Ende Jahr installierten Energie-Inputleistung aufgeteilt nach Klein-WKK-Technologien. Die Leistung der Wärmepumpen und Gasturbinen bis 1 MWe nimmt seit 1992 ab.



G:\2004\1005\KW-Ausw\AA-WKKT.XLS\Anhang D.2c Ber2

**Bild 6.1c** Gesamte am Jahresende installierte Energie-Inputleistung aller Klein-WKK-Anlagen aufgeteilt nach Technologien (siehe Anhang D.2c)

Die jährliche Zunahme der installierten Klein-WKK-Leistungen seit 1981 ist in Bild 6.1d dargestellt. 1998 konnte der bisher zweitgrösste Leistungszuwachs verzeichnet werden. Seither verminderte sich der Zuwachs der installierten Leistung stetig bis zum Rekordtief der letzten drei Jahre. Ob der geringe Zuwachs der letzten drei Jahre weiterhin auf diesem tiefen Niveau verharrt, kann zur Zeit noch nicht beurteilt werden.



**Bild 6.1d** Zuwachs der am Jahresende installierten Leistungen gegenüber dem Vorjahr (siehe Anhang D.2b)

Die nachstehende Tabelle 6.1e zeigt eine Auswertung des Klein-WKK-Bestandes Ende 2003 nach Leistungsklassen. Es kann daraus abgeleitet werden, dass die 858 Klein-WKK-Aggregate bis 99 kW elektrischer Nennleistung zusammen 24.3 MW (17 %) aufweisen. Die 457 Klein-WKK-Aggregate ab 100 kW weisen 115.8 MW (83 %) elektrische Leistung auf.

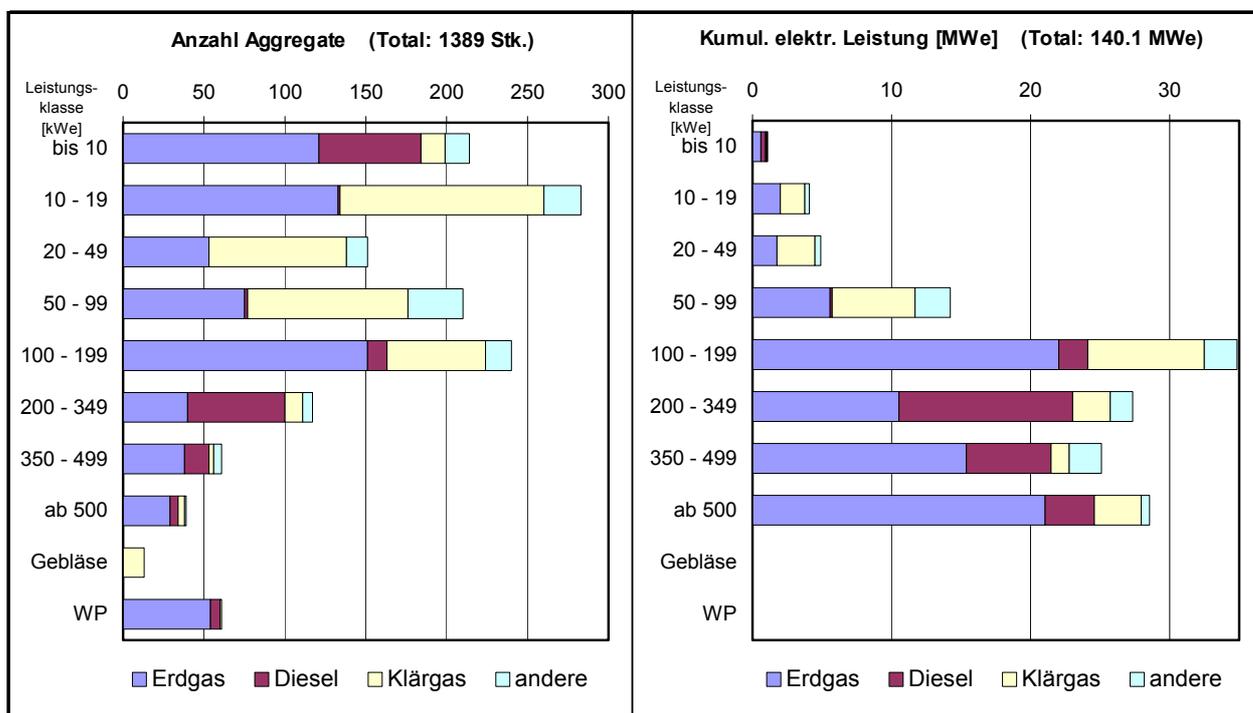
Leistungsklasse der Aggregate	Aggregate in Betrieb		elektrische Leistung	
	Anzahl	%	[MWe]	%
< 10 kWe	214	15.4%	1.10	0.8%
10 - 19 kWe	283	20.4%	4.08	2.9%
20 - 49 kWe	151	10.9%	4.90	3.5%
50 - 99 kWe	210	15.1%	14.23	10.2%
100 - 199 kWe	240	17.3%	34.84	24.9%
200 - 349 kWe	117	8.4%	27.33	19.5%
350 - 499 kWe	61	4.4%	25.09	17.9%
>= 500 kWe	39	2.8%	28.55	20.4%
Gebläseantriebe	13	0.9%	-	
Wärmepumpen	61	4.4%	-	
<b>Total</b>	<b>1389</b>	<b>100.0%</b>	<b>140.12</b>	<b>100.0%</b>

Stand per 31.12.2003/ Kantone: alle

G:\2004\1005\KW-Ausw\LeistKlass-Energie.xls\Konzentrat Ber2

**Tabelle 6.1e** Ende 2003 in Betrieb stehende Klein-WKK-Aggregate, geordnet nach Leistungsklassen (siehe Anhang D.2g)

Bild 6.1f zeigt die Aufteilung des Klein-WKK-Bestandes nach Leistungsklassen und zusätzlich nach Energieträgern in grafischer Form.



**Bild 6.1f** Ende 2003 in Betrieb stehende Klein-WKK-Aggregate, geordnet nach Leistungsklassen und nach Energieträgern (siehe Anhang D.2g)

### 6.1.3 Energieverbrauch und -produktion

Sämtliche in der Schweiz betriebenen Klein-WKK-Anlagen haben im Jahr 2003 mit einem Endenergieverbrauch von 1'691 GWh rund 543 GWh hochwertige Energie in Form von Elektrizität oder mechanischer Energie erzeugt (siehe Tabelle 6.1g).

Neben der hochwertigen Energie produzierten die Klein-WKK-Anlagen 905 GWh nutzbare Wärme. Davon wurden aber nur 854 GWh effektiv zu Heizzwecken eingesetzt. Die Differenz zwischen produzierter und effektiv genutzter Wärmeenergie von 51 GWh (6 %) wurde mit Notkühlern direkt an die Umwelt abgegeben. Dies tritt in stromgeführten WKK-Anlagen auf. Dabei handelt es sich vorwiegend um Anwendungen in Kläranlagen, die in erster Linie zur Verstromung von anfallendem Klär gas dienen.

	Energiedaten 2003	Jährlicher Zuwachs	
		2003	Ø 1999 - 2003
Endenergieverbrauch	1'691.3 GWh	36.9	77.5 GWh
Elektrizitätsproduktion	538.1 GWh <sub>e</sub>	14.5	29.5 GWh <sub>e</sub>
Mechan. Nutzenergie *	5.1 GWh <sub>m</sub>	- 0.4	- 0.6 GWh <sub>m</sub>
Produzierte Wärme **	905.0 GWh <sub>th</sub>	15.9	34.9 GWh <sub>th</sub>
Genutzte Wärme ***	853.7 GWh <sub>th</sub>	15.8	32.4 GWh <sub>th</sub>

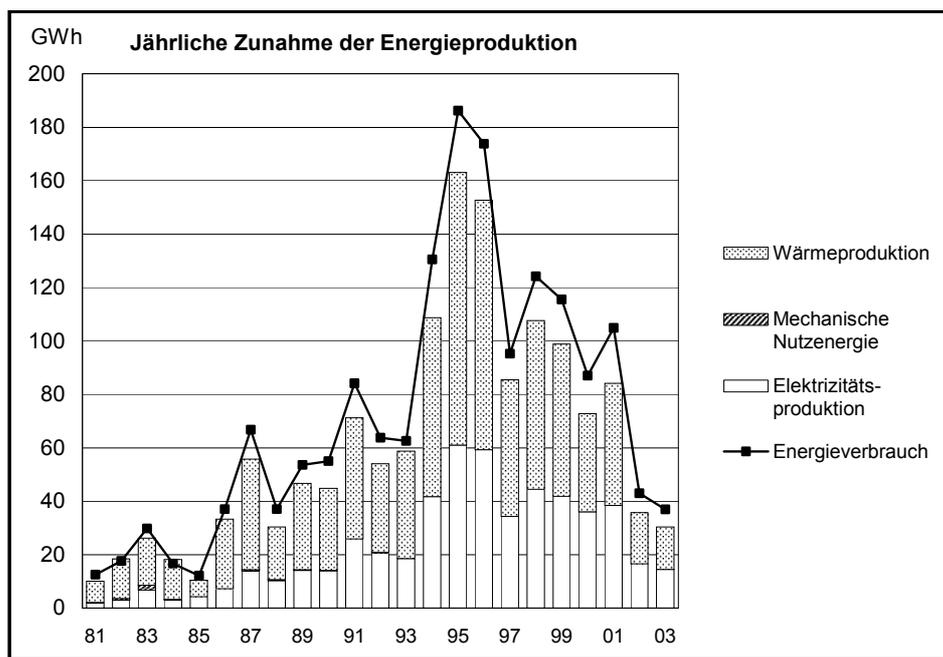
\* Energie an der Welle von Direkt-Gebläseantrieben in Kläranlagen

\*\* WKK-Abwärme, welche bei der aktuellen Installation zu Heizzwecken nutzbar wäre

\*\*\* WKK-Abwärme, welche effektiv zu Heizzwecken genutzt wird

Tabelle 6.1g Energiedaten 2003 sowie Jahreszunahmen 2003 und im Zeitraum 1999 - 2003

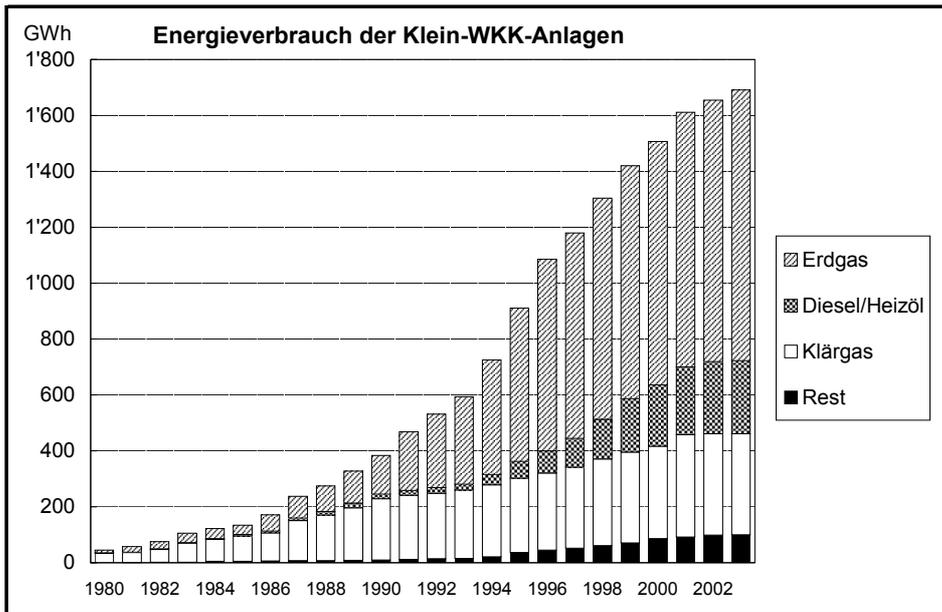
Bild 6.1h zeigt die jährliche Zunahme der Energieproduktion resp. des Energieverbrauchs aller Klein-WKK-Anlagen. Es ist ersichtlich, dass z.B. die Klein-WKK-Stromproduktion in den vergangenen Jahren zwischen 15 und 60 GWh pro Jahr zugenommen hat.



G:\2004\1005\KW-Ausw\AA-EVPD.XLS\Anhang D.2d Ber2

Bild 6.1h Jährliche Zunahmen der Energieproduktion resp. des Energieverbrauchs der Klein-WKK-Anlagen (siehe Anhang D.2d)

Der Trend zu erdgas- und dieselvesorgten Klein-WKK-Anlagen hat 2003 dazu geführt, dass der Anteil erneuerbarer Energieträger (Klärgas, Deponiegas, Biogas) auf 25 % gesunken ist (siehe Bild 6.1i). Es gilt zu beachten, dass die in den achtziger Jahren dominierenden BHKW in Kläranlagen in den letzten Jahren stagniert haben. Viele Kläranlagen weisen inzwischen Gasmotoren zur Verwertung des anfallenden Klärgases auf.



G:\2004\1005KW-Ausw[AA-EEVT.XLS]Anhang D.2e Ber2

**Bild 6.1i** Entwicklung des Energieverbrauchs aller schweizerischer Klein-WKK-Anlagen (siehe Anhang D.2e)

## 6.2 Einsatzgebiete

Tabelle 6.2a zeigt die Aufteilung der Ende 2003 installierten Klein-WKK-Aggregate und deren elektrischer Nennleistung nach Anlagekategorien und Einsatzgebieten.

30 % der Klein-WKK-Aggregate resp. 19 % der elektrischen Leistung wurde in Abwasserreinigungsanlagen zur energetischen Nutzung des anfallenden Klärgases eingesetzt. Anteilsmässig eine geringe Bedeutung weisen die mit Biogas oder Deponiegas betriebenen Klein-WKK-Anlagen auf.

Mit 60 % (Anz.) resp. 75 % (el. Leist.) Anteil am Klein-WKK-Bestand Ende 2003 sind die mit fossilen Energieträgern betriebenen Blockheizkraftwerke (W4.FOS.1) dominierend. Bild 6.2c zeigt, dass seit Beginn der neunziger Jahre die elektrische Leistung der fossilen BHKW von 16.3 auf 105.5 MW sehr stark zugenommen hat. Die Entwicklung der verschiedenen Einsatzgebiete ist ebenfalls ersichtlich.

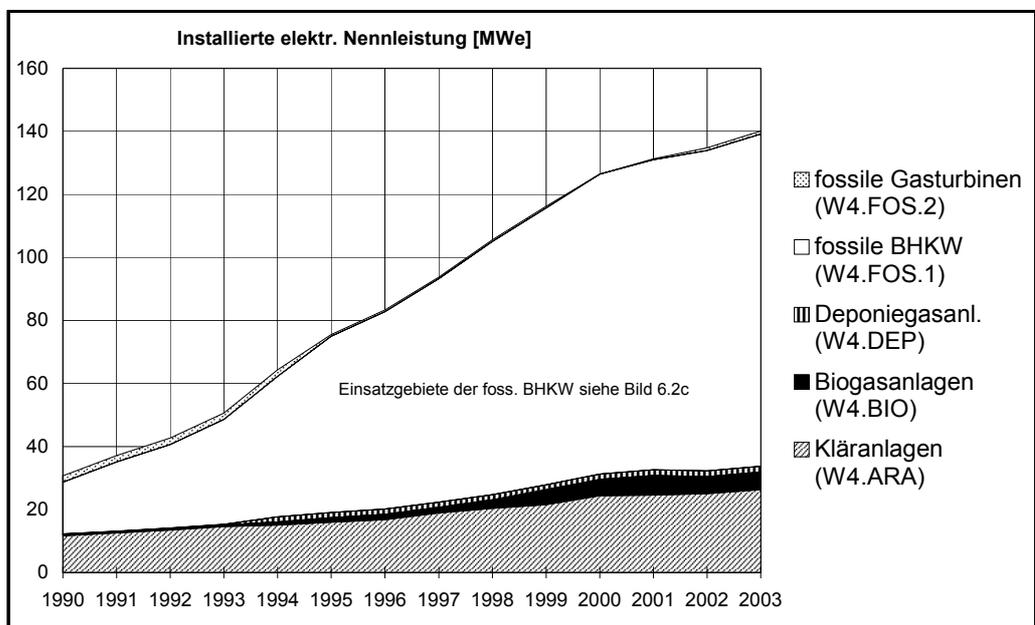
Werden nur die im Jahre 2003 neuinstallierten Klein-WKK-Anlagen betrachtet, so sind die BHKW in Kläranlagen mit 17 % führend (siehe Bild 6.2d). Unter "Rest" sind z.B. BHKW-Anlagen in drei Hotels und vor allem die Erdgas-Entspannungsanlage in Arlesheim enthalten.

Bezogen auf die elektrische Klein-WKK-Leistung sind die Bereiche Kläranlagen (19 %) sowie Gewerbe und Industrie (17 %) am wichtigsten. Bürogebäude (12 %) sowie Wärmeverbundanlagen (11 %) sind weitere wichtige Klein-WKK-Einsatzgebiete.

Anlagekategorie Einsatzgebiete	Aggregate		El. Leistung		Veränd. 2003*		Neuinst. 2003**	
	Anz.	%	MWe	%	MWe	%	MWe	%
<b>W4 Stromproduz. Klein-WKK-Anl.</b>	<b>1'331</b>	<b>96%</b>	<b>140.1</b>	<b>100%</b>	<b>5.29</b>	<b>100%</b>	<b>10.59</b>	<b>100%</b>
W4.ARA.1 Kläranlagen mit BHKW	419	30%	26.3	19%	1.28	24%	1.81	17%
W4.ARA.2 Kläranlagen mit Gasturbinen	0	0%	0.0	0%	0.00	0%	0.00	0%
W4.BIO.1 Biogasanlagen Landwirtschaft	41	3%	1.7	1%	0.19	4%	0.24	2%
W4.BIO.2 Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	26	2%	4.0	3%	0.00	0%	0.00	0%
W4.DEP Deponiegas-WKK-Anlagen	5	0%	1.8	1%	0.00	0%	0.00	0%
W4.FOS.1 fossile BHKW	831	60%	105.5	75%	3.82	72%	8.55	81%
Bürogebäude (inkl. Banken)	110	8%	16.7	12%	-0.01	0%	0.38	4%
Wärmeverbund (gemischte Nutzung)	61	4%	15.5	11%	-0.67	-13%	1.27	12%
Schulen, Sportanlagen	110	8%	11.8	8%	0.19	4%	0.36	3%
Wohngebäude	188	14%	12.6	9%	1.26	24%	1.55	15%
Gewerbe und Industrie	147	11%	24.5	17%	-1.11	-21%	0.57	5%
Spitäler, Heime	85	6%	11.1	8%	0.34	6%	0.34	3%
andere (und unbekannt)	130	9%	13.2	9%	3.82	72%	4.08	39%
W4.FOS.2 fossile Gasturbinen < 1 MWe	9	1%	0.9	1%	0.00	0%	0.00	0%
<b>W5 Nicht stromprod. Klein-WKK-Anl.</b>	<b>58</b>	<b>4%</b>	<b>0.0</b>	<b>0%</b>	<b>0.0</b>	<b>0%</b>	<b>0.0</b>	<b>0%</b>
Bürogebäude (inkl. Banken)	9	1%						
Wärmeverbund (gemischte Nutzung)	2	0%						
Schulen, Sportanlagen	17	1%						
Wohngebäude	9	1%						
Gewerbe und Industrie	2	0%						
Spitäler, Heime	5	0%						
andere	14	1%						
<b>W4+W5 Total alle Klein-WKK-Anlagen</b>	<b>1'389</b>	<b>100%</b>	<b>140.1</b>	<b>100%</b>	<b>5.3</b>	<b>100%</b>	<b>10.6</b>	<b>100%</b>

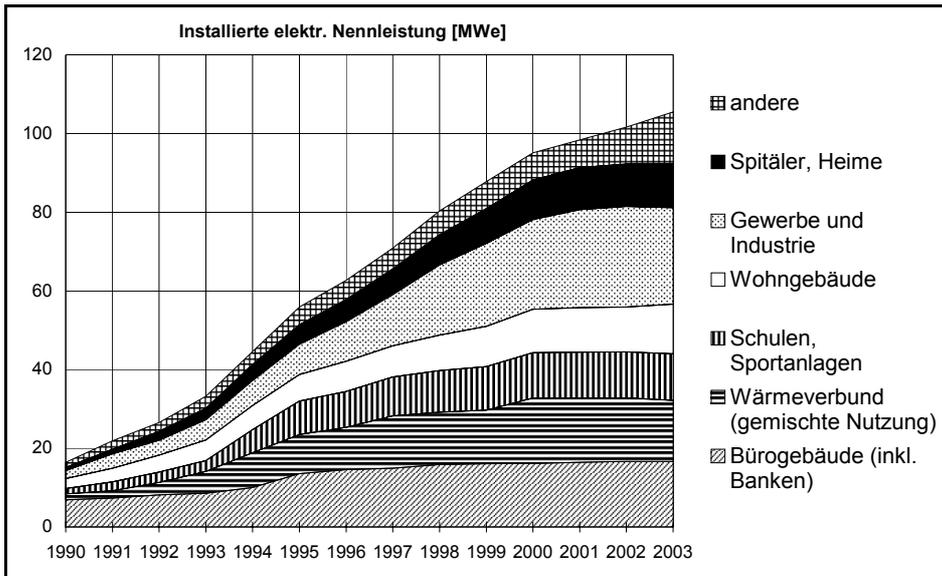
G:\2004\1005\KW-Ausw[Einsge2003.xls]Anhang D.2f Ber2

**Tabelle 6.2a** Anzahl Klein-WKK-Aggregate und elektrische Nennleistungen nach Anlagekategorien und Einsatzgebieten per 31.12.2003 (siehe Anhang D.2f)

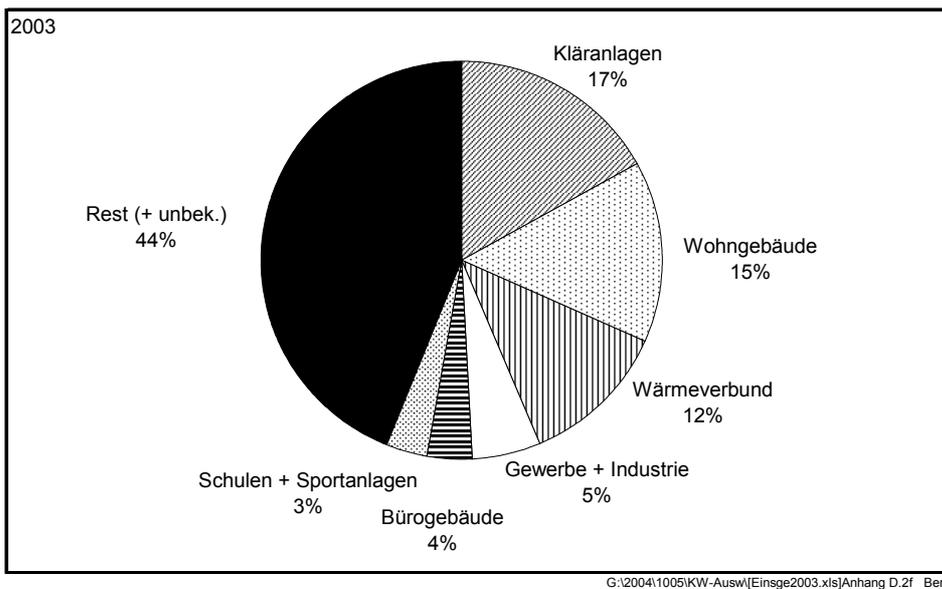


G:\2004\1005\KW-Ausw[Einsge2003.xls]Anhang D.2f Ber2

**Bild 6.2b** Entwicklung der elektrischen Nennleistungen der Klein-WKK-Anlagen nach Anlagekategorien (siehe Anhang D.2f)



**Bild 6.2c** Entwicklung der elektrischen Nennleistungen fossiler BHKW nach Einsatzgebieten (siehe Anhang D.2f)



**Bild 6.2d** Neuinstallierte Klein-WKK-Leistung nach Einsatzgebieten (Jahr 2003)

### 6.3 Schadstoffreduktionsmassnahmen

In diesem Abschnitt werden die eingesetzten Schadstoffreduktionsmassnahmen von Blockheizkraftwerken analysiert. Dabei wurde unterschieden zwischen den BHKW in Kläranlagen sowie den BHKW, welche mit fossilen Energieträgern betrieben werden.

74 % der in Kläranlagen installierten BHKW-Leistung war Ende 2003 mit Magermotoren ausgerüstet. In Bild 6.3a ist gut ersichtlich, dass bei den ab 1993 installierten BHKW in Kläranlagen fast ausschliesslich Magermotoren eingesetzt wurden.

Magermotoren im Kläranlagen-Bereich sowie Dreiwegen- und SCR-Katalysatoren bei den restlichen Klein-WKK-Anlagen sind die häufigsten Verfahren zur Schadstoffreduktion.

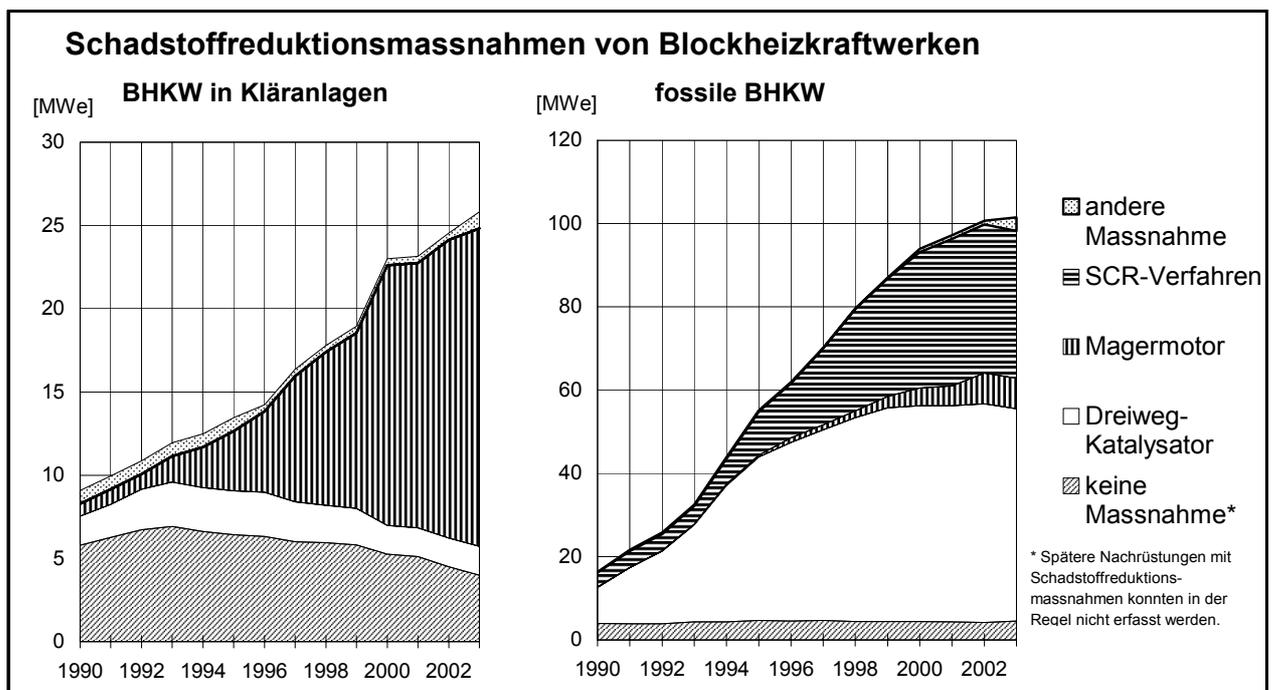
Bei fossilen BHKW sind weiterhin Anlagen mit geregelter Dreiweg-Katalysator am häufigsten (50 % Ende 2003). Ab 1993 haben Anlagen, welche mit dem SCR-Verfahren ausgerüstet wurden, stark zugenommen. Ende 2003 betrug der leistungsmässige Anteil dieser Anlagen bereits 35 %. Bei der "Selektiv Katalytische Reduktion" (SCR) werden die Abgase zunächst mit flüssigem Harnstoff geimpft und hernach im SCR-Katalysator "gereinigt". Dank Reaktion mit Ammoniak und Sauerstoff wandeln sich die Stickoxide in Stickstoff und Wasser um.

Anlagekategorie	Schadstoffreduktionsmassnahme	Aggregate		El. Leistung	
		Anz.	%	MWe	%
<b>W4.ARA.1a</b>	<b>BHKW in Kläranlagen</b>	<b>416</b>	<b>100%</b>	<b>25.8</b>	<b>100%</b>
	keine Massnahme*	178	43%	4.0	15%
	geregelter Dreiweg-Katalysator	25	6%	1.7	7%
	Magermotor	210	50%	19.1	74%
	SCR-Verfahren	0	0%	0.0	0%
	andere	3	1%	1.0	4%
<b>W5.FOS.1a</b>	<b>fossile BHKW</b>	<b>814</b>	<b>100%</b>	<b>101.5</b>	<b>100%</b>
	keine Massnahme*	73	9%	4.5	4%
	geregelter Dreiweg-Katalysator	450	55%	50.9	50%
	Magermotor	145	18%	7.4	7%
	SCR-Verfahren	112	14%	35.4	35%
	andere	34	4%	3.3	3%

\* Spätere Nachrüstungen mit Schadstoffreduktionsmassnahmen konnten in der Regel nicht erfasst werden.

G:\2004\1005\KW-Ausw\Schadr2003.xls\Auswert Ber1

**Tabelle 6.3a** Übersicht über die Schadstoffreduktionsmassnahmen von Blockheizkraftwerken Ende 2003



G:\2004\1005\KW-Ausw\Schadr2003.xls\Auswert Ber2

**Bild 6.3b** Entwicklung der Schadstoffreduktionsmassnahmen von Blockheizkraftwerken

## 6.4 Jährliche Neuinbetriebnahmen

Im Kapitel 6.4 werden alle neu in Betrieb genommenen Gas- und Dieselmotoren, Brennstoffzellen usw. der letzten Jahre ausgewiesen. Es sind auch die Deponiegasmotoren ohne Abwärmenutzung enthalten.

Die neu in Betrieb genommene Leistung der Gas- und Dieselmotoren (inkl. Brennstoffzellen und Gasturbinen bis 1 MWe) stagniert auf tiefem Niveau, wenn die Spezialanlage zur Erdgasentspannung in Arlesheim mit insgesamt 3 MWe ausgeklammert wird.

### 6.4.1 Lieferanten

Die Tabellen 6.4a und 6.4b geben einen Überblick über die Lieferanten der 1998 bis 2003 in der Schweiz in Betrieb genommenen Klein-WKK-Aggregate für den stationären Betrieb. Nicht enthalten sind Notstromanlagen. Im Jahre 2003 dienten knapp 30 % der neu installierten Aggregate als Ersatz innerhalb der gleichen Anlage. Dieser Ersatzanteil ist gegenüber den Vorjahren deutlich angestiegen.

Lieferant	Anzahl in Betrieb genommene Aggregate								Total 1998-2003	
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2003			
ABB Energie Services Schweiz, Zürich	0	0	0	6	11	0	0%	17	3%	
ACUTEC AG Widnau, Widnau	25	0	0	0	0	0	0%	25	4%	
Avesco AG, Langenthal	10	13	9	4	2	5	6%	43	8%	
BHKW Energie-Service AG, Kronbühl	28	35	17	7	10	14	18%	111	20%	
Bimex Technic AG, Thun	10	5	0	0	0	0	0%	15	3%	
Cryostar-France SA, Héringue	0	0	0	0	0	1	1%	1	0%	
Daimler Chrysler Schweiz AG, Schlieren	0	0	0	0	1	1	1%	2	0%	
DISPOTECH GmbH, Oerlingen	7	9	4	3	10	9	12%	42	7%	
Genesys GmbH (ehem. Böhni), Frauenfeld	3	3	1	4	0	3	4%	14	2%	
IWK Integrierte Wärme und Kraft AG, Sarnen	3	2	5	2	3	6	8%	21	4%	
Jenni Energietechnik AG, Oberburg	0	0	0	0	0	1	1%	1	0%	
MENAG Energie AG, Niederdorf	29	26	27	12	17	15	19%	126	22%	
NoNOx SOWAR AG, Obfelden	26	14	8	5	0	0	0%	53	9%	
Royce & Partners SA, Le Mont-Pèlerin	0	1	5	3	11	7	9%	27	5%	
Sulzer Hexis AG, Winterthur	0	1	0	0	3	5	6%	9	2%	
Verdesis Suisse SA, Erlinsbach	0	0	0	0	0	1	1%	1	0%	
Vescal SA, Vevey	0	0	14	13	11	9	12%	47	8%	
andere Lieferanten	4	2	4	1	1	1	1%	13	2%	
<b>TOTAL</b>	145	111	94	60	80	78		568		
Anteil der Aggregate, welche ältere ersetzen*	6%	6%	23%	13%	19%	29%		15%		

\* Ersatz für stillgelegte Aggregate innerhalb der gleichen Anlage

G:\2004\1005\KW-Ausw[Lieferanten.xls]Auswert Ber1

**Tabelle 6.4a In Betrieb genommene Motoren und Brennstoffzellen 1998 bis 2003**

(Kat. T3, W4, W5)

### 6.4.2 Technologien

Die seit 1994 pro Jahr in Betrieb genommenen Klein-WKK-Technologien sind in Bild 6.4c dargestellt. Darin wird unterschieden zwischen den Gas- und Dieselmotor-BHKW, Klein-Gasturbinen, Brennstoffzellen sowie den restlichen Technologien (Stirlingmotor, Gebläse- und Wärmepumpenantriebe, Zündstrahlmotoren u.a.). Das starke Aufkommen der Dieselmotor-BHKW seit Mitte der neunziger Jahre ist inzwischen wieder deutlich abgeflacht. Im Jahre 2003 wurde in der Schweiz erstmals ein Stirling-BHKW installiert. Die Erdgasentspannungsanlage in Arlesheim mit einer Gasentspannungsturbine (1.75 MWe) sowie zwei BHKW

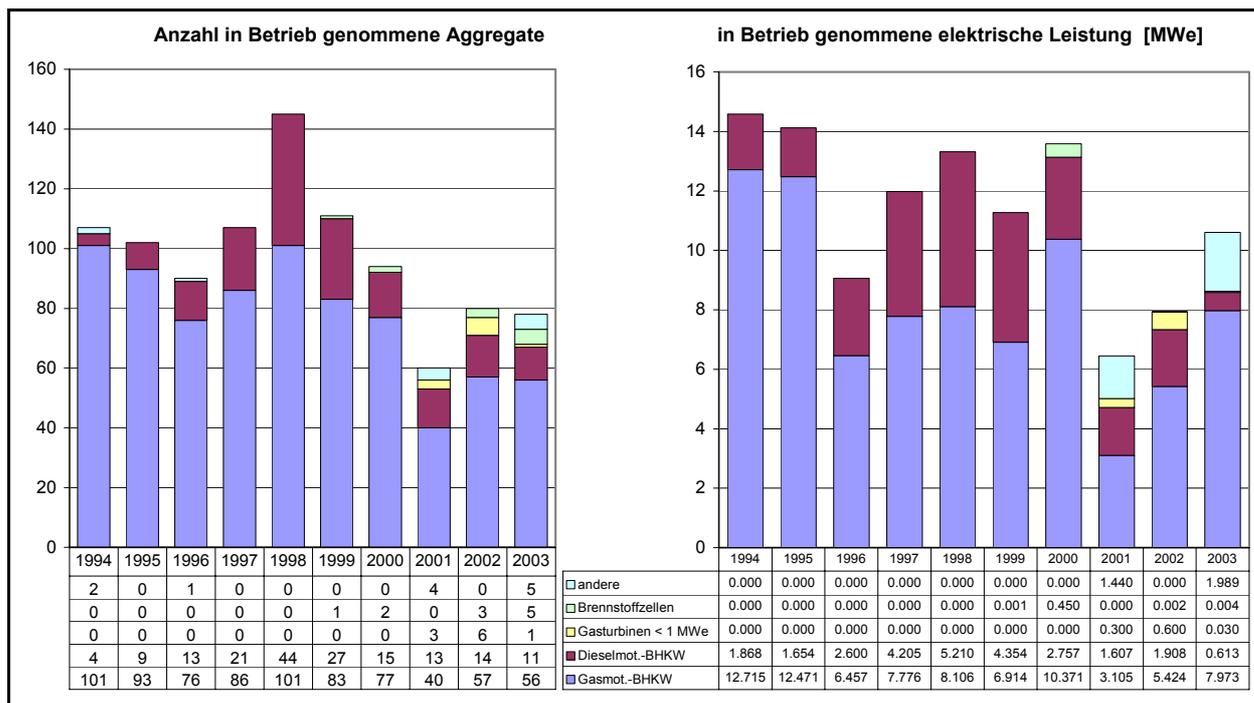
(1.25 MWe) machen fast 30 % der neuinstallierten Leistung des Jahres 2003 aus. Der leistungsmässig grosse Anteil dieser Spezialanlage (welche als Gesamtes dem Klein-WKK-Bereich zugeordnet wurde) relativiert die Zunahme gegenüber dem Vorjahr.

Lieferant	Installierte elektrische Leistung [MW]								Total 1998-2003	
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2003			
ABB Energie Services Schweiz, Zürich	0.000	0.000	0.000	1.220	2.460	0.000	0%		3.680	6%
ACUTEC AG Widnau, Widnau	0.134	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0%		0.134	0%
Avesco AG, Langenthal	1.005	2.266	1.660	0.505	0.180	1.433	14%		7.049	11%
BHKW Energie-Service AG, Kronbühl	0.389	0.643	0.293	0.194	0.625	0.330	3%		2.474	4%
Bimex Technic AG, Thun	1.638	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0%		2.338	4%
Cryostar-France SA, Hésingue	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.750	16%		1.750	3%
Daimler Chrysler Schweiz AG, Schlieren	0.000	0.000	0.000	0.000	0.150	0.560	5%		0.710	1%
DISPOTECH GmbH, Oerlingen	0.049	0.042	0.019	0.014	0.047	0.042	0%		0.214	0%
Genesys GmbH (ehem. Böhni), Frauenfeld	0.180	0.200	0.055	0.265	0.000	0.230	2%		0.930	1%
IWK Integrierte Wärme und Kraft AG, Sarnen	1.276	0.421	2.517	1.081	2.597	3.239	31%		11.131	18%
Jenni Energietechnik AG, Oberburg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0%		0.009	0%
MENAG Energie AG, Niederdorf	3.087	2.811	5.364	1.372	1.703	2.862	27%		17.199	27%
NoNOx SOWAR AG, Obfelden	5.020	4.040	2.920	1.520	0.000	0.000	0%		13.500	21%
Royce & Partners SA, Le Mont-Pèlerin	0.000	0.020	0.096	0.054	0.087	0.052	0%		0.309	0%
Sulzer Hexis AG, Winterthur	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.004	0%		0.007	0%
Verdesis Suisse SA, Erlinsbach	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0%		0.030	0%
Vescal SA, Vevey	0.000	0.000	0.075	0.067	0.058	0.047	0%		0.247	0%
andere Lieferanten	0.553	0.130	0.580	0.160	0.025	0.020	0%		1.468	2%
<b>TOTAL</b>	<b>13.332</b>	<b>11.274</b>	<b>13.578</b>	<b>6.452</b>	<b>7.934</b>	<b>10.609</b>			<b>63.178</b>	
Anteil der ersetzten elektrischen Leistung*	5%	2%	8%	9%	9%	19%			8%	

\*Ersatz für stillgelegte Aggregate innerhalb der gleichen Anlage

G:\2004\1005KW-Ausw[Lieferanten.xls]Auswert Ber3

**Tabelle 6.4b Elektrische Nennleistung der 1997 bis 2003 in Betrieb genommenen Motoren und Brennstoffzellen**  
(Kat. T3, W4, W5)



G:\2004\1005KW-Ausw[Inbetriebnahmen.xls]Ausw-n-Techn Ber3

**Bild 6.4c In Betrieb genommene Motoren und Brennstoffzellen der letzten 10 Jahre**  
(Kat. T3, W4, W5)

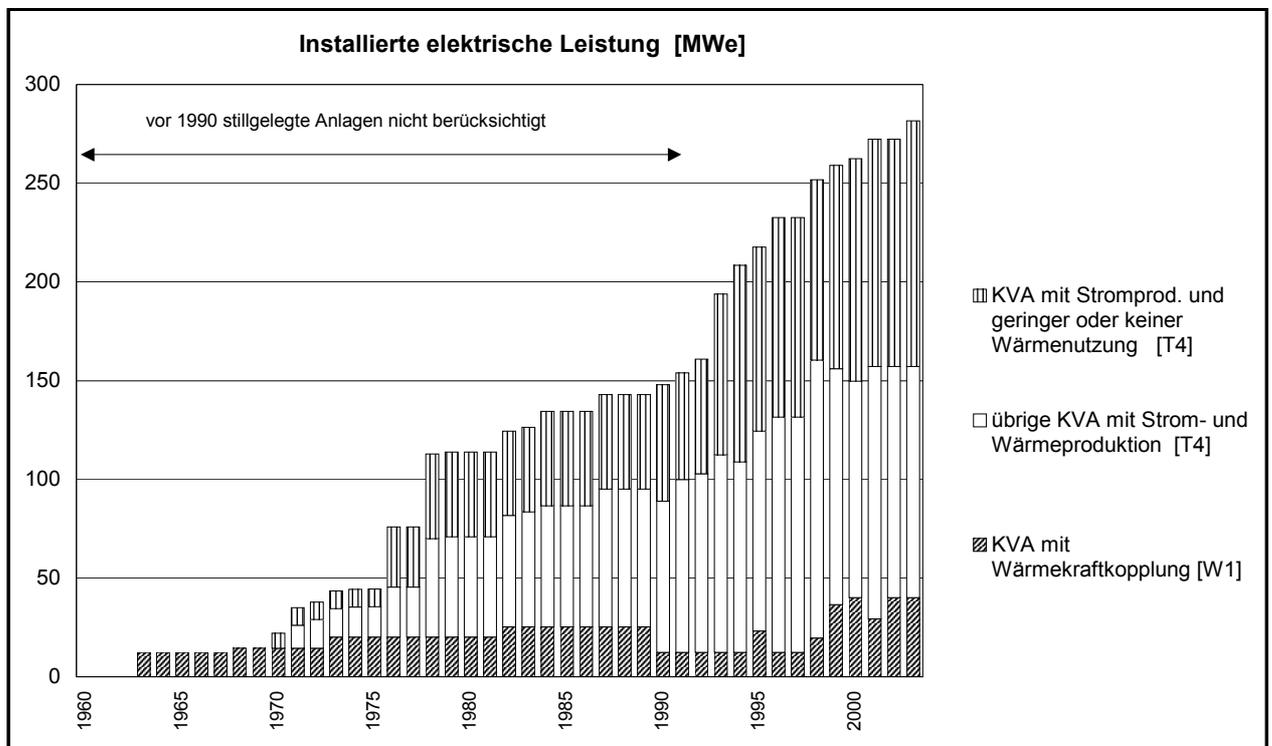
## 7. Spezialauswertungen therm. Stromproduktion

In diesem Kapitel werden zwei Anlagegruppen näher untersucht, bei denen jeweils nur einzelne Anlagen die WKK-Kriterien gemäss Kapitel 2.3 erfüllen. Es handelt sich um Kehrichtverbrennungsanlagen (Kat. T4 und W1) sowie um Deponiegasanlagen (Kat. T3 und W4.DEP).

### 7.1 Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)

Ende 2003 waren in der Schweiz 28 Kehrichtverbrennungsanlagen in Betrieb. Wie bereits in Bild 2.3 gezeigt, wird die verfügbare Abwärme in KVA sehr unterschiedlich genutzt. Bei vielen Anlagen kann mangels Abnehmer nur wenig Abwärme für Heizzwecke genutzt werden. Bei diesen KVA wird das Hauptgewicht auf die Stromproduktion mit Dampfturbinen gelegt. Die in diesem Bericht festgelegten Bedingungen für WKK-Anlagen erfüllten im Betriebsjahr 2003 nur die KVA Basel, die KVA Bern und die KVA Hagenholz in Zürich. Alle anderen KVA erreichten den als statistische Grenze festgelegten Jahresnutzungsgrad von 60 % nicht und werden daher an dieser Stelle nicht als WKK-Anlagen ausgewiesen.

In den 28 schweizerischen Kehrichtverbrennungsanlagen werden beachtliche Energiemengen genutzt (2003: 1'456 GWh Strom und 2'675 GWh Wärme).

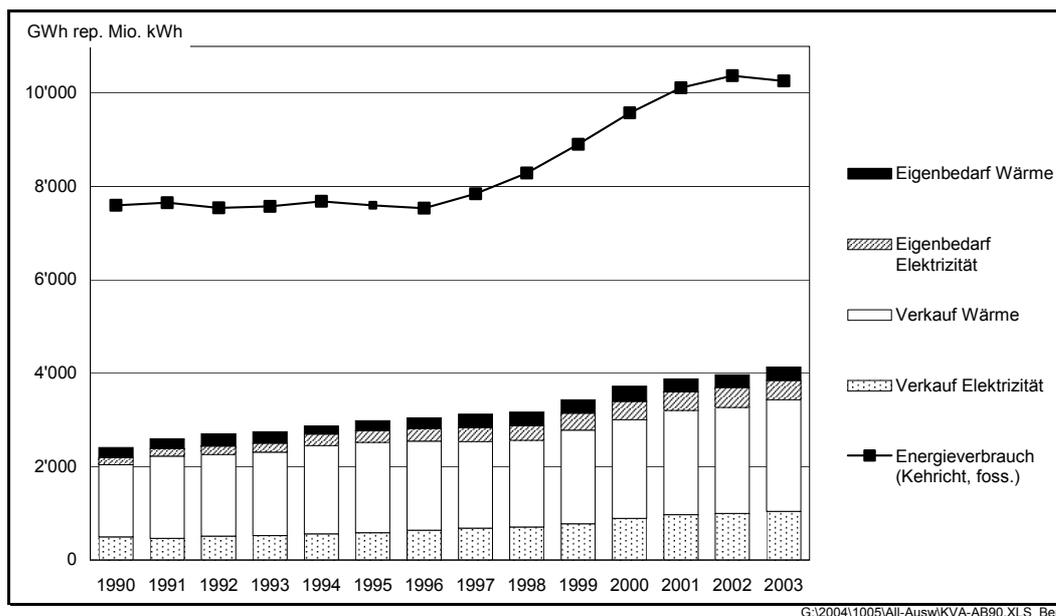


G:\2004\1005\All-Ausw\LE4-AB60-V2.XLS\Anhang E.1a Ber3

Bild 7.1a Entwicklung der installierten elektrischen Leistung aller Kehrichtverbrennungsanlagen in der Schweiz (siehe Anhang E.1a)

In Bild 7.1a ist die Entwicklung der installierten elektrischen Nennleistung der Dampfturbinen in KVA dargestellt. In den neunziger Jahren kann eine beachtliche Leistungszunahme registriert werden. Hauptursache waren die Nachrüstungen und Vergrößerungen von Dampfturbinen im Rahmen von Gesamtanierungen, welche aufgrund der lufthygienischen Vorschriften in den vergangenen Jahren vorgenommen wurden.

Die energetische Nutzung der KVA in den neunziger Jahren ist in Bild 7.1b und Tabelle 7.1c dargestellt.



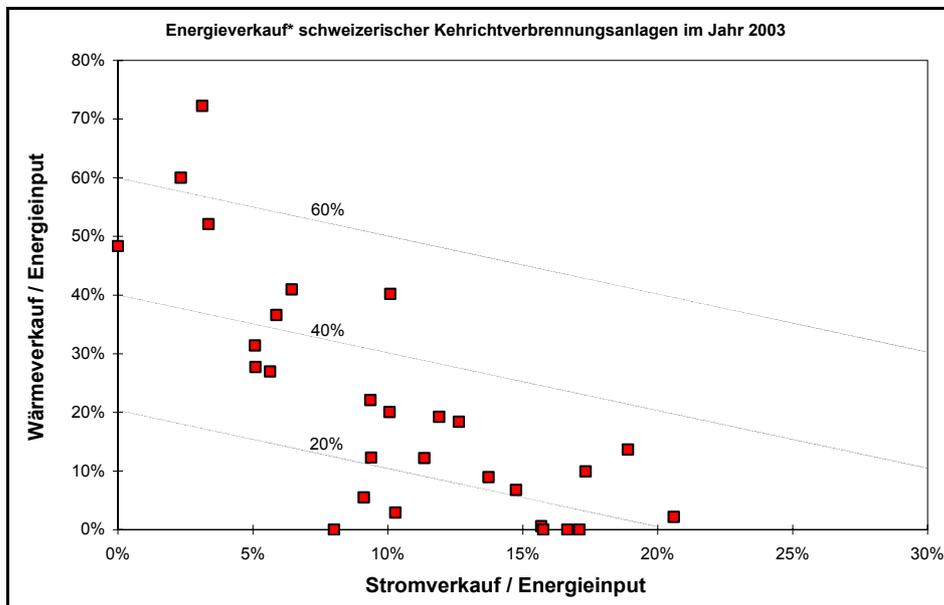
**Bild 7.1b** Energieverbrauch sowie Eigenbedarf resp. Verkauf von selbstproduzierter Elektrizität und Wärme aller KVA in der Schweiz

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Install. elektr. Nennleistung (1) MWe	148.0	217.7	232.6	232.6	251.8	259.1	262.4	272.3	272.3	281.6
Endenergieverbrauch Total (2) GWh	7'596	7'599	7'537	7'846	8'287	8'904	9'577	10'116	10'373	10'262
- davon Kehricht GWh	7'496	7'431	7'346	7'649	8'081	8'687	9'390	9'934	10'212	10'089
- davon fossile Energien GWh	100	168	191	197	204	204	178	176	157	163
Elektrizitätsproduktion (3) GWh	644	833	906	987	1'025	1'134	1'284	1'371	1'426	1'456
- davon Anteil Eigenbedarf %	23%	30%	29%	31%	31%	32%	31%	29%	30%	28%
Genutzte Wärmeproduktion (4) GWh	1'765	2'151	2'140	2'136	2'142	2'297	2'440	2'508	2'541	2'675
- davon Anteil Eigenbedarf %	12%	10%	11%	13%	13%	12%	13%	11%	11%	11%
Jahresnutzungsgrad $[(3+4)/2]$	32%	39%	40%	40%	38%	39%	39%	38%	38%	40%
Vollbetriebsstd. Stromprod. $[(3)/1]$	4'350	3'830	3'900	4'240	4'070	4'370	4'890	5'040	5'240	5'170

**Tabelle 7.1c** Energie- und Leistungswerte der schweizerischen KVA seit 1990

Im Jahr 2003 wurde 28 % der Stromproduktion von 1'456 GWh zur Deckung des Eigenbedarfs der KVA verwendet. Von der gesamthaff genutzten Wärmeproduktion von 2'675 GWh dienten rund 11 % für die Deckung des Wärmebedarfs der KVA. Die restlichen 89 %, d.h. 2'387 GWh Wärmeenergie, haben die KVA im Jahre 2003 an Dritte verkauft. Anfangs der neunziger Jahre wurden nur 32 % der in KVA verbrannten Energie (Kehricht und fossile Energien) zur Stromproduktion

resp. für Heiz- oder Prozesswärmebedarfsdeckung genutzt. Dank Sanierungen und Ausbau des Wärmeverkaufs an Dritte konnte der Jahresnutzungsgrad auf 40 % gesteigert werden (siehe Tabelle 7.1c). Bild 7.1d zeigt die Energieanteile, welche sämtliche KVA's im Jahre 2003 in Form von Wärme oder Elektrizität an Dritte verkauft haben.



\* Energieverkauf im Verhältnis zum gesamten Energieinput der KVA

G:\ALLS\DEKVA\KVA90-2003.xls\2003 Grafik2

Bild 7.1d Energieverkaufs-Benchmark schweizerischer KVA's (Jahr 2003)

## 7.2 Deponiegasnutzung

Ab Mitte der achtziger Jahre hatte die energetische Nutzung des in Abfalldeponien anfallenden Gases stark zugenommen. Mitte der neunziger Jahre wurde der Höhepunkt der Deponiegasnutzung erreicht. Seither ist sie rückläufig. Zur Zeit sind noch 17 Deponiegasmotoren zur Elektrizitätsproduktion in Betrieb.

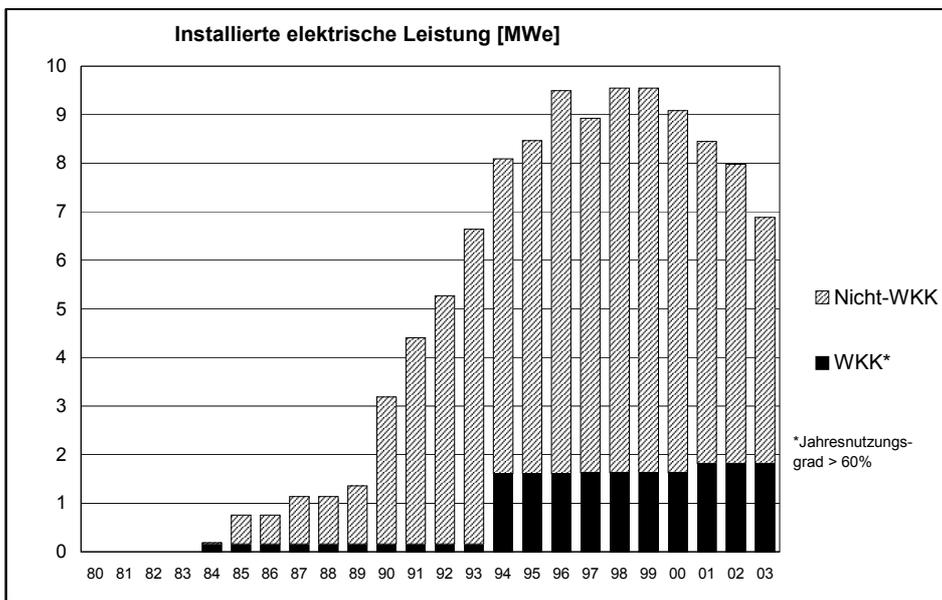
Da diese mit Deponiegas betriebenen Motoren in der Regel weit entfernt von potentiellen Wärmeabnehmern aufgestellt werden müssen, kann der grösste Teil der anfallenden Motorenabwärme nicht genutzt werden. Aus diesem Grund erreichen die meisten Deponiegasmotoren Gesamtnutzungsgrade von weniger als 60 % und können daher nicht als WKK-Anlagen bezeichnet werden (siehe Punkt 2.3). Es sind nur fünf mit Deponiegas betriebene Motoren in den Auswertungen über Klein-WKK-Anlagen enthalten (Kat. W4.DEP).

Ende 2003 wurde in 11 schweizerischen Abfalldeponien Deponiegas energetisch genutzt. In zwei Fällen wurde dieses Gas ausschliesslich in Heizkesseln zur Wärmeproduktion genutzt (siehe Anhang E.2d). Bei den restlichen 9 Deponien wurde das anfallende Gas in erster Linie zur Stromproduktion sowie teilweise zur Wärmeproduktion genutzt. Im Bild 7.2a ist die Entwicklung der installierten elektrischen Leistung dieser Deponiegasmotoren dargestellt (2003: 6.9 MWe).

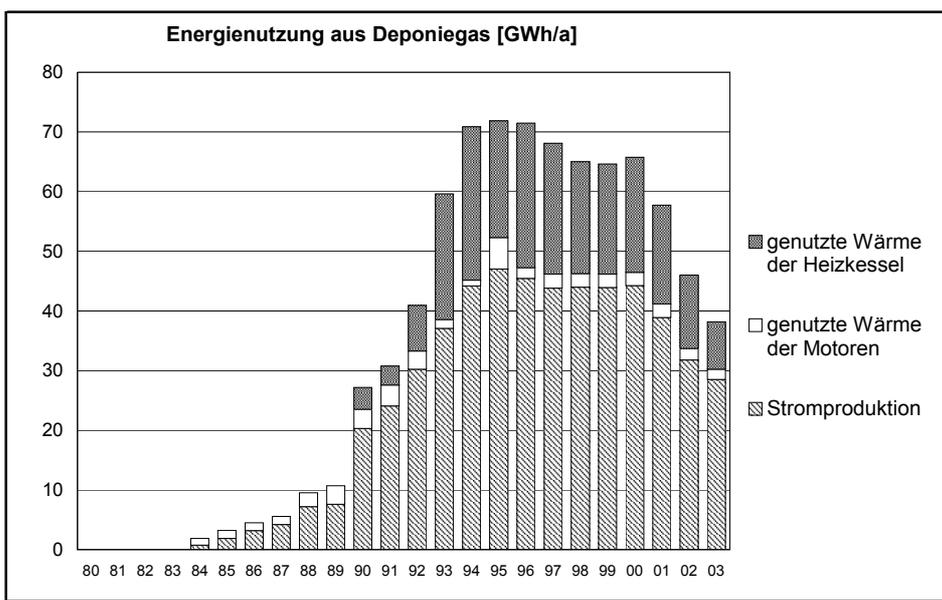
Die Deponiegasnutzung in der Schweiz hat in der ersten Hälfte der neunziger Jahre stark zugenommen, ist aber seither rückläufig.

2003 wurde 98.6 GWh Deponiegas zum Antrieb der 17 Motoren eingesetzt. Damit konnte 28.5 GWh Elektrizität erzeugt werden (siehe Bild 7.2b). Die in der Klein-WKK-Statistik berücksichtigten fünf Deponiegasmotoren mit einem Gesamtnutzungsgrad über 60 % erzeugten 2003 nur 0.49 GWh Elektrizität aus Deponiegas (gemäss Anhang E.2b). Diese als Klein-WKK-Aggregate erfassten Deponiegasmotoren wurden im Jahr 2003 aus betrieblichen Gründen zu einem grossen Teil mit Propan oder Erdgas betrieben. Insgesamt wurde im Jahre 2003 1.7 GWh Motorenabwärme für Heizzwecke genutzt.

9.2 GWh Deponiegas wurde in Heizkesseln zur Produktion von 7.9 GWh Wärme verbrannt.



**Bild 7.2a** Installierte elektrische Leistung sämtlicher mit Deponiegas betriebenen Motoren (siehe Anhang E.2a)



**Bild 7.2b** Gesamte Wärmenutzung und Stromproduktion mit Deponiegas in der Schweiz (siehe Anhang E.2a)

## Anhang

## **A. Thermische Stromerzeugung**

### **A.1 Zeitreihen 1990 - 2003**

Hyperlink und Seiten-Nr.:

#### **A.1a Anzahl Anlagen**

Anhang A.1a (S. 49)

#### **A.1b Installierte Leistung**

Anhang A.1b (S. 50)

#### **A.1c Stromproduktion**

Anhang A.1c (S. 51)

### **A.2 Energieträgersplit 2003**

Anhang A.2 (S. 52)

Aufteilung der thermischen Stromproduktion des Jahres 2003 nach Energieträgern

### **A.3 Bruttoenergieverbrauch der Anlagen mit thermischer Stromverbrauch 2003**

Anhang A.3 (S. 53)

Gesamter Bruttoenergieverbrauch des Jahres 2003 der Anlagen mit thermischer Stromproduktion (für Strom- und Wärmeproduktion)

### **A.4 Bruttoenergieverbrauch für die thermische Stromproduktion 2003**

Anhang A.4 (S. 54)

Bruttoenergieverbrauch des Jahres 2003 für die Stromproduktion, d.h. exkl. Bruttoenergieverbrauch für die Wärmeproduktion der gleichen Anlagen

**Anzahl Anlagen ab 1990**

Anlagekategorien		Anzahl Anlagen														Kommentare	
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003		
Thermische Stromproduktion (Kap. 3)	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	<b>T1 div. therm. Stromerzeuger</b>	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	ganz grobe Schätzung
		<b>T2 Vouvry (öltherm. Kraftwerk)</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	Stilllegung 30.9.1999
		<b>T3 Deponiegasverstromung</b>	4	6	7	8	7	8	8	8	9	9	9	7	7	7	
		<b>T4 KVA ohne WKK</b>	21	22	23	24	24	23	25	25	25	24	24	25	24	24	nur KVA's mit Stromproduktion
	Gross-WKK (Kap. 5)	<b>W1 KVA mit WKK</b>	1	1	1	1	1	2	1	1	2	3	3	2	3	3	
		<b>W2 Industrie</b>	21	21	22	21	22	22	22	23	24	24	23	23	22	22	
		W2.15 Nahrungsmittelindustrie (NOGA 15)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
		W2.20 Verarbeitung von Holz (NOGA 20)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
		W2.21 Papierindustrie (NOGA 21)	10	10	11	10	11	11	11	11	12	12	11	11	11	11	
		W2.23 Mineralölverarbeitung (NOGA 23)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		W2.24 Chemische Industrie (NOGA 24)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	
		W2.26 Nichtmet. Mineralien (NOGA 26)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Klein-WKK (Kap. 6)	<b>W3 Fernheizkraftwerke u.a.</b>	4	4	4	4	4	4	5	5	6	7	8	8	10	10	
		<b>W4 stromprod. Klein-WKK</b>	275	328	379	428	503	569	631	698	790	854	898	934	975	1'005	
		W4.ARA.1 Kläranlagen mit BHKW	153	168	189	204	219	229	242	255	261	275	281	287	290	293	
		W4.ARA.2 Kläranlagen mit Gasturbinen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0	
		W4.BIO.1 Biogasanlagen Landwirtschaft	25	26	25	25	27	27	29	30	31	31	32	35	34	35	
		W4.BIO.2 Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0	0	1	1	3	6	7	8	10	13	16	18	18	18	
W4.DEP Deponiegas-WKK-Anlagen		2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2 ab 95 vorw. mit Erdgas betrieben	
W4.FOS.1 fossile BHKW		91	128	158	192	247	302	348	400	483	530	566	588	624	650	Feingliederung siehe Kap. 6.2	
W4.FOS.2 fossile Gasturbinen < 1 MWe		2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	3	7	7		
	<b>W5 nicht stromprod. Klein-WKK</b>	56	59	57	58	58	58	56	56	56	55	53	52	52	52		
<b>Total</b>	<b>Anz. therm. Stromproduzenten</b>	<b>347</b>	<b>403</b>	<b>457</b>	<b>507</b>	<b>582</b>	<b>649</b>	<b>713</b>	<b>781</b>	<b>877</b>	<b>941</b>	<b>985</b>	<b>1'019</b>	<b>1'061</b>	<b>1'091</b>	(Total exkl. Kat. W5)	
Subtotal	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	301	354	406	454	530	597	659	727	822	888	932	967	1'010	1'040		
Subtotal	W1-W3 Gross-WKK	26	26	27	26	27	28	28	29	32	34	34	33	35	35		
Subtotal	W4+W5 Klein-WKK	331	387	436	486	561	627	687	754	846	909	951	986	1'027	1'057		
Anteil	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	87%	88%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%	95%	Anteil am Total der therm. Produz.	
Anteil	W1-W3 Gross-WKK	7%	6%	6%	5%	5%	4%	4%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	Anteil am Total der therm. Produz.	
Anteil	W4+W5 Klein-WKK	95%	96%	95%	96%	96%	97%	96%	97%	96%	97%	97%	97%	97%	97%	Anteil am Total der therm. Produz.	

Ausdruck: 2.08.04

G:\2004\1005\AI-Ausw\ANZ-AB90.xls\Anhang A.1a Ber1

Dr.EICHER+PAULI AG, Liestal

Auftraggeber: Bundesamt für Energie, 3003 Bern

## Elektrische Nennleistungen ab 1990

Anlagekategorien		Elektrische Nennleistungen [MWe]														Kommentare	
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003		
Thermische Stromproduktion (Kap. 3)	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	<b>T1 div. therm. Stromerzeuger</b>	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	grobe Schätzung
		<b>T2 Vouvry (öltherm. Kraftwerk)</b>	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	284.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Stilllegung 30.9.1999
		<b>T3 Deponiegasverstromung</b>	3.0	4.3	5.1	6.5	6.5	6.9	7.9	7.3	7.9	7.9	7.5	6.6	6.2	5.1	
		<b>T4 KVA ohne WKK</b>	135.6	141.6	148.5	183.4	196.0	194.5	220.2	220.2	232.2	222.5	222.2	242.9	232.1	241.4	
	Gross-WKK (Kap. 5)	<b>W1 KVA mit WKK</b>	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	23.2	12.4	12.4	19.7	36.7	40.2	29.4	40.2	40.2	
		<b>W2 Industrie</b>	186.5	186.5	210.3	209.5	218.7	218.8	218.8	248.3	249.8	249.8	248.0	248.0	246.1	246.1	
		W2.15 Nahrungsmittelindustrie (NOGA 15)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	
		W2.20 Verarbeitung von Holz (NOGA 20)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.1	0.1	
		W2.21 Papierindustrie (NOGA 21)	45.1	45.1	68.9	68.1	77.3	77.3	77.3	81.4	82.9	82.9	81.1	81.1	81.1	81.1	
		W2.23 Mineralölverarbeitung (NOGA 23)	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	
		W2.24 Chemische Industrie (NOGA 24)	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1	107.2	107.2	107.2	107.2	107.2	107.2	107.2	105.6	105.6	
		W2.26 Nichtmet. Mineralien (NOGA 26)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	Klein-WKK (Kap. 6)	<b>W3 Fernheizkraftwerke u.a.</b>	43.3	43.3	46.0	46.0	68.0	68.0	68.7	68.7	69.0	69.3	74.5	74.5	77.7	84.7	
		<b>W4 stromprod. Klein-WKK</b>	30.6	37.0	42.7	50.6	64.3	75.5	83.3	93.8	105.7	116.2	126.4	131.3	134.8	140.1	
		W4.ARA.1 Kläranlagen mit BHKW	9.4	10.3	11.2	12.3	12.8	13.7	14.5	16.6	18.1	19.3	23.5	23.6	25.0	26.3	
		W4.ARA.2 Kläranlagen mit Gasturbinen	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	0.9	0.9	0.0	0.0	
		W4.BIO.1 Biogasanlagen Landwirtschaft	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1	1.5	1.7	
		W4.BIO.2 Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0.0	0.0	0.1	0.2	0.6	1.0	1.3	1.4	2.1	3.9	4.4	5.1	4.0	4.0	
W4.DEP Deponiegas-WKK-Anlagen		0.2	0.2	0.2	0.2	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.8	1.8	1.8	ab 95 vorw. mit Erdgas betrieben	
W4.FOS.1 fossile BHKW		16.3	21.8	26.5	33.2	44.6	55.9	62.6	70.9	80.3	87.8	95.1	98.4	101.6	105.5	Feingliederung siehe Kap. 6.2	
W4.FOS.2 fossile Gasturbinen < 1 MWe	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.0	0.3	0.9	0.9			
<b>W5 nicht stromprod. Klein-WKK</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
<b>Total</b>	<b>el. Leist. aller therm. Stromproduz.</b>	<b>770.4</b>	<b>784.1</b>	<b>824.1</b>	<b>867.4</b>	<b>924.9</b>	<b>945.8</b>	<b>970.3</b>	<b>1'010</b>	<b>1'043</b>	<b>777.4</b>	<b>793.8</b>	<b>807.7</b>	<b>812.0</b>	<b>832.5</b>		
Subtotal	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	272.8	279.2	311.4	318.6	363.5	385.5	383.2	423.2	444.1	472.0	489.1	483.2	498.8	511.1		
Subtotal	W1-W3 Gross-WKK	242.2	242.2	268.7	267.9	299.1	310.0	299.9	329.4	338.5	355.8	362.7	351.9	363.9	371.0		
Subtotal	W4 Klein-WKK	30.6	37.0	42.7	50.6	64.3	75.5	83.3	93.8	105.7	116.2	126.4	131.3	134.8	140.1		
Anteil	W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	35%	36%	38%	37%	39%	41%	39%	42%	43%	61%	62%	60%	61%	61%	Anteil am Total der therm. Produz.	
Anteil	W1-W3 Gross-WKK	31%	31%	33%	31%	32%	33%	31%	33%	32%	46%	46%	44%	45%	45%	Anteil am Total der therm. Produz.	
Anteil	W4 Klein-WKK	4%	5%	5%	6%	7%	8%	9%	9%	10%	15%	16%	16%	17%	17%	Anteil am Total der therm. Produz.	

Ausdruck: 2.08.04

G:\2004\1005\All-Ausw\LEI-AB90.xls\Anhang A.1b Bert

Dr.EICHER+PAULI AG, Liestal

Auftraggeber: Bundesamt für Energie, 3003 Bern

**Stromproduktion ab 1990**

Anlagekategorien		Stromproduktion [GWh/a]														Kommentare
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Thermische Stromproduktion (Kap. 3)	Wärmekraftkopplung (Kap. 4)	<b>T1 div. therm. Stromerzeuger</b>	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	Schätzungen
		<b>T2 Vouvry (öltherm. Kraftwerk)</b>	227.0	431.0	595.0	107.0	160.7	202.0	132.0	112.0	436.0	84.0	0.0	0.0	0.0	Stillelegung 30.9.1999
		<b>T3 Deponiegasverstromung</b>	19.6	23.5	30.2	37.1	44.2	44.6	45.0	43.2	43.3	43.1	43.5	38.2	31.2	28.0
		<b>T4 KVA ohne WKK</b>	611.9	595.8	660.9	679.5	774.5	769.6	873.7	955.9	977.9	1'051.2	1'176.4	1'291.8	1'322.3	1'350.5
	Gross-WKK (Kap. 5)	<b>W1 KVA mit WKK</b>	31.9	27.1	30.8	32.0	31.6	63.2	32.7	31.0	46.6	82.4	107.9	79.4	103.7	105.7
		<b>W2 Industrie</b>	451.5	511.2	568.0	612.2	670.5	698.6	696.0	830.6	947.3	994.4	916.4	882.9	897.4	875.1
		W2.15 Nahrungsmittelindustrie (NOGA 15)	24.0	21.8	22.2	22.8	19.2	20.1	20.1	28.4	26.5	26.1	30.1	24.6	30.1	27.5
		W2.20 Verarbeitung von Holz (NOGA 20)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.5	1.5	1.5	0.8	0.5	0.0
		W2.21 Papierindustrie (NOGA 21)	187.5	196.2	285.1	333.2	387.0	404.8	393.2	416.3	436.4	464.9	439.0	420.8	439.7	448.2
		W2.23 Mineralölverarbeitung (NOGA 23)	31.0	90.3	81.0	86.9	99.7	101.8	104.1	205.8	293.8	303.4	264.9	279.8	269.5	249.4
		W2.24 Chemische Industrie (NOGA 24)	204.7	200.2	174.8	165.4	160.2	167.7	176.5	178.6	188.8	198.4	179.7	156.1	156.4	149.5
		W2.26 Nichtmet. Mineralien (NOGA 26)	4.3	2.7	4.8	4.0	4.5	4.2	2.1	1.0	0.3	0.1	1.2	0.7	1.2	0.5
		<b>W3 Fernheizkraftwerke u.a.</b>	83.0	123.9	115.1	131.7	91.5	127.7	244.5	192.8	128.9	119.1	101.9	109.3	109.5	157.1
		<b>W4 stromprod. Klein-WKK</b>	84.5	110.2	131.2	149.8	191.5	252.5	311.9	346.1	390.6	432.5	468.5	507.0	523.6	538.1
		W4.ARA.1 Kläranlagen mit BHKW	39.8	43.0	46.1	49.5	52.9	55.5	58.7	63.6	70.7	75.7	85.5	94.9	97.5	102.9
	W4.ARA.2 Kläranlagen mit Gasturbinen	7.7	8.1	6.8	6.7	7.0	6.6	6.4	6.7	6.8	6.6	2.6	5.4	3.1	0.0	
	W4.BIO.1 Biogasanlagen Landwirtschaft	1.1	1.1	1.5	1.4	1.5	1.5	1.7	1.7	2.1	2.6	3.2	3.8	4.5	5.3	
	W4.BIO.2 Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0.0	0.0	0.5	0.7	1.5	2.6	4.2	5.1	6.5	8.2	9.8	10.8	11.2	10.4	
	W4.DEP Deponiegas-WKK-Anlagen	0.8	0.6	0.1	0.1	0.0	5.1	7.6	7.3	8.1	8.6	7.9	8.3	7.8	9.4	
	W4.FOS.1 fossile BHKW	30.2	50.9	69.9	85.3	122.8	176.8	232.1	261.4	295.9	330.7	359.5	383.6	397.1	406.3	
W4.FOS.2 fossile Gasturbinen < 1 MWe	4.8	6.5	6.4	6.1	5.8	4.3	1.1	0.3	0.6	0.2	0.0	0.2	2.5	3.7		
<b>W5 nicht stromprod. Klein-WKK</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>Total Thermische Stromproduktion</b>	<b>1'524</b>	<b>1'838</b>	<b>2'146</b>	<b>1'764</b>	<b>1'980</b>	<b>2'173</b>	<b>2'351</b>	<b>2'527</b>	<b>2'986</b>	<b>2'822</b>	<b>2'829</b>	<b>2'923</b>	<b>3'003</b>	<b>3'070</b>		
Subtotal W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	651	772	845	926	985	1'142	1'285	1'401	1'514	1'628	1'595	1'579	1'634	1'676		
Subtotal W1-W3 Gross-WKK	566	662	714	776	794	890	973	1'054	1'123	1'196	1'126	1'072	1'111	1'138		
Subtotal W4 Klein-WKK	84	110	131	150	192	253	312	346	391	432	468	507	524	538		
Anteil W1-W4 Wärmekraftkopplung (WKK)	43%	42%	39%	52%	50%	53%	55%	55%	51%	58%	56%	54%	54%	55%		
Anteil W1-W3 Gross-WKK	37%	36%	33%	44%	40%	41%	41%	42%	38%	42%	40%	37%	37%	37%		
Anteil W4 Klein-WKK	6%	6%	6%	8%	10%	12%	13%	14%	13%	15%	17%	17%	17%	18%		
Therm. Stromprod.* gem. Elektrizitätsstatistik	1'101	1'342	1'502	1'031	1'121	1'275	1'703	1'835	2'285	2'554	2'548	2'620	2'806	2'890		

Ausdruck: 16.08.04

\* inkl. andere Kraftwerke (insb. netzgekoppelte Photovoltaikanlagen)

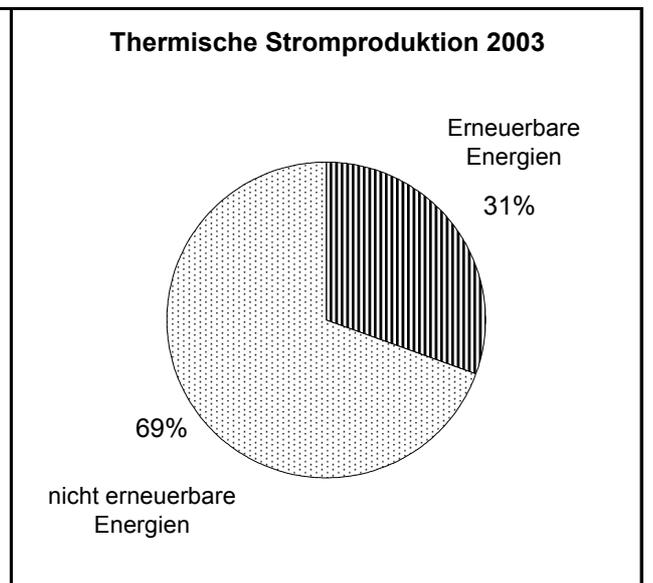
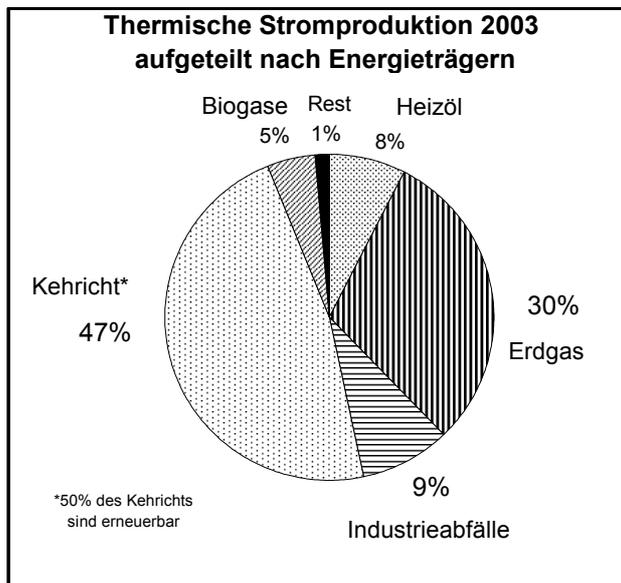
G:\2004\1005\AI-Ausw\STR-AB90.xls\Anhang A.1c Bert

Dr.EICHER+PAULI AG, Liestal

Auftraggeber: Bundesamt für Energie, 3003 Bern

**Thermische Stromproduktion 2003 in der Schweiz**  
**aufgeteilt nach Anlagekategorien und Energieträgern**

Energieträger	erneuer- barer Anteil	Stromproduktion [GWh] nach Anlagekategorien								Stromprod. Total	
		div. therm. T1	Vouvy T2	Deponie- gasverstr. T3	KVA o. WKK T4	KVA m. WKK W1	Industrie W2	Fernh.- kraftw. W3	Klein- WKK W4	[GWh]	%
Heizöl EL		15.0			1.2	1.4	6.1	6.8	87.3	117.9	4%
Heizöl M&S							114.7			114.7	4%
Erdgas					5.9	5.2	467.2	129.5	318.9	926.7	30%
Propan									13.5	13.5	0%
Kohle											
Ind.abfälle n.erneuerb.						0.5	230.9		0.6	232.0	8%
Kehricht	50%				1342.1	98.5	4.9			1445.5	47%
Ind.abfälle erneuerb.	100%						41.1			41.1	1%
Holz	100%				1.3		0.0	2.1		3.5	0%
Restholz	100%						0.7			0.7	0%
Altholz	100%						7.1	18.7		25.9	1%
Rinde	100%						1.0			1.0	0%
Klärschlamm	100%										
Biogas	100%						1.3		15.7	16.9	1%
Klärgas	100%								102.1	102.1	3%
Deponiegas	100%			28.0						28.0	1%
andere Biomasse	100%										
<b>Stromproduktion Total</b>		15.0		28.0	1350.5	105.7	875.1	157.1	538.1	<b>3069.5</b>	<b>100%</b>
- davon erneuerbar				28.0	672.4	49.3	53.6	20.9	117.8	<b>941.9</b>	<b>31%</b>
- davon nicht erneuerbar		15.0			678.2	56.4	821.4	136.3	420.3	<b>2127.6</b>	<b>69%</b>
Anteil der erneuerbaren Energietr.				100%	49.8%	46.6%	6.1%	13.3%	21.9%		



**Bruttoverbrauch [1] der Anlagen mit thermischer Stromprod. 2003  
aufgeteilt nach Anlagekategorien und Energieträgern**

[1] gesamter Bruttoverbrauch für die Strom- und Wärmeproduktion in Anlagen zur thermischen Stromproduktion (s.u.)

Energieträger	erneuer- barer Anteil	Bruttoverbrauch [1] nach Anlagekategorien [GWh]								Brutto- verbrauch [1] Total [GWh] %			
		div. therm. T1	Vouvry T2	Deponie- gasverstr. T3	KVA o. WKK T4	KVA m. WKK W1	Industrie W2	Fernh.- kraftw. W3	Klein- WKK W4				
Heizöl EL		42.9			7.3	20.7	48.4	35.7	257.0			<b>411.9</b>	<b>2%</b>
Heizöl M&S							732.1					<b>732.1</b>	<b>4%</b>
Erdgas (Hu)					47.6	80.6	3'193.8	492.0	945.8			<b>4'759.8</b>	<b>26%</b>
Propan									39.9			<b>39.9</b>	<b>0%</b>
Kohle													
Ind.abfälle n.erneuerb.						7.2	1'312.3		1.7			<b>1'321.1</b>	<b>7%</b>
Kehricht	50%				8'402.7	1'520.6	5.0					<b>9'928.3</b>	<b>54%</b>
Ind.abfälle erneuerb.	100%						513.1					<b>513.1</b>	<b>3%</b>
Holz	100%				9.7		0.0	28.6				<b>38.3</b>	<b>0%</b>
Restholz	100%						7.1					<b>7.1</b>	<b>0%</b>
Altholz	100%						74.1	135.4				<b>209.5</b>	<b>1%</b>
Rinde	100%						10.7					<b>10.7</b>	<b>0%</b>
Klärschlamm	100%												
Biogas	100%						8.6		58.2			<b>66.8</b>	<b>0%</b>
Klärgas	100%								362.0			<b>362.0</b>	<b>2%</b>
Deponiegas	100%			96.9								<b>96.9</b>	<b>1%</b>
andere Biomasse	100%												
<b>Bruttoverbrauch [1] Total</b>		<b>42.9</b>		<b>96.9</b>	<b>8'467.3</b>	<b>1'629.0</b>	<b>5'905.2</b>	<b>691.8</b>	<b>1'664.7</b>			<b>18'497.6</b>	<b>100%</b>
- davon erneuerbar				<b>96.9</b>	<b>4'211.1</b>	<b>760.3</b>	<b>616.2</b>	<b>164.0</b>	<b>420.3</b>			<b>6'268.7</b>	<b>34%</b>
- davon nicht erneuerbar		<b>42.9</b>			<b>4'256.2</b>	<b>868.7</b>	<b>5'289.0</b>	<b>527.7</b>	<b>1'244.4</b>			<b>12'228.9</b>	<b>66%</b>
Anteil der erneuerbaren Energietr.				<b>100%</b>	<b>49.7%</b>	<b>46.7%</b>	<b>10.4%</b>	<b>23.7%</b>	<b>25.2%</b>				

Ausdruck: 04.08.2004

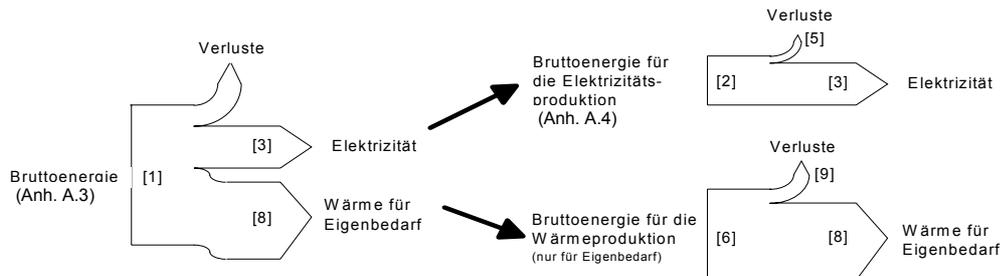
G:\2004\1005\All-Ausw[ENERG-2003-V2.xls]Anhang A.3 Ber4

Hinweis zu den Bruttoverbrauchs-Tabellen sowie zur Aufteilung der thermischen Stromproduktion nach Energieträgern:

Bei konventionell-thermischen Kraftwerken dient der gesamte Bruttoverbrauch der Anlage zur Elektrizitätsproduktion. Bei Wärmekraftkopplungsanlagen hingegen dient ein Teil des Bruttoverbrauchs der Anlage zur Wärmeproduktion (für Eigenbedarf oder für die Fernwärmeabgabe). Im Auftrag des Bundesamtes für Energie wurden daher der Bruttoverbrauch der Anlagen zur thermischen Stromproduktion auf folgende zwei Arten ausgewiesen:

- a. der gesamte Bruttoverbrauch der Anlagen zur therm. Stromprod. => [1] in nachstehendem Schema (Anhang A.3)
- b. Bruttoverbrauch, welcher ausschliesslich zur therm. Stromprod. dient => [2] in nachstehendem Schema (Anhang A.4)

Weiter ist zu beachten, dass im Anhang A.2 sowie unter Punkt 3.3 und 4.2 die thermische Stromproduktion nach Energieträgern aufgeteilt wird. Dabei wurde die Stromproduktion [3] nach Energieträgern aufgeteilt. Es handelt sich folglich nicht um einen Split des Bruttoverbrauchs ([2] oder [1]).



Jahresnutzungsgrad der Anlage:  
 $\eta_{Tot} = ([3] + [8]) / [1]$

Es gelten folgende Gleichungen:  
 $[2] = [1] * [3] / ([3] + [8]) = [3] / \eta_{Tot}$   
 $[6] = [1] * [8] / ([3] + [8]) = [8] / \eta_{Tot}$

G:\03\19\GESAMTIE-FLUSS2.XLS Ber1

## Bruttoverbrauch [2] für die thermische Stromproduktion 2003 aufgeteilt nach Anlagekategorien und Energieträgern

[2] nur Bruttoverbrauch für die Stromproduktion (d.h. exkl. Bruttoverbrauch für die gleichzeitige Wärmeproduktion, s.u.)

Energieträger	erneuerbarer Anteil	Bruttoverbrauch [2] nach Anlagekategorien [GWh]								Bruttoverbrauch [2] Stromprod. [GWh] %	
		div. therm. T1	Vouvry T2	Deponie-gasverstr. T3	KVA o. WKK T4	KVA m. WKK W1	Industrie W2	Fernh.-kraftw. W3	Klein-WKK W4		
Heizöl EL		42.9			4.3	1.9	6.8	9.4	102.5	<b>167.7</b>	<b>2%</b>
Heizöl M&S							130.3			<b>130.3</b>	<b>2%</b>
Erdgas (Hu)					12.8	7.7	536.1	185.6	373.7	<b>1'115.9</b>	<b>16%</b>
Propan									15.9	<b>15.9</b>	<b>0%</b>
Kohle											
Ind.abfälle n.erneuerb.						0.6	252.6		0.6	<b>253.8</b>	<b>4%</b>
Kehricht	50%				4'741.0	133.8	4.9			<b>4'879.8</b>	<b>70%</b>
Ind.abfälle erneuerb.	100%						50.3			<b>50.3</b>	<b>1%</b>
Holz	100%				2.4		0.0	3.2		<b>5.6</b>	<b>0%</b>
Restholz	100%						0.7			<b>0.7</b>	<b>0%</b>
Altholz	100%						7.7	104.6		<b>112.3</b>	<b>2%</b>
Rinde	100%						1.1			<b>1.1</b>	<b>0%</b>
Klärschlamm	100%										
Biogas	100%						1.5		28.0	<b>29.5</b>	<b>0%</b>
Klärgas	100%								142.0	<b>142.0</b>	<b>2%</b>
Deponiegas	100%			94.3						<b>94.3</b>	<b>1%</b>
andere Biomasse	100%										
<b>Bruttoverbrauch [2] Total</b>		<b>42.9</b>		<b>94.3</b>	<b>4'760.6</b>	<b>144.0</b>	<b>992.0</b>	<b>302.7</b>	<b>662.8</b>	<b>6'999.3</b>	<b>100%</b>
- davon erneuerbar				94.3	2'373.0	66.9	63.8	107.8	170.0	<b>2'875.7</b>	<b>41%</b>
- davon nicht erneuerbar		42.9			2'387.6	77.1	928.2	195.0	492.8	<b>4'123.6</b>	<b>59%</b>
Anteil der erneuerbaren Energietr.				100%	49.8%	46.5%	6.4%	35.6%	25.6%		

Ausdruck: 04.08.2004

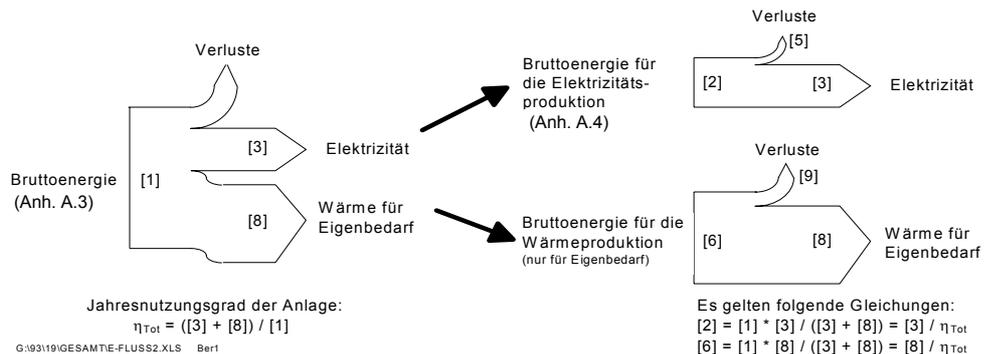
G:\2004\1005\All-Ausw\ENERG-2003-V2.xls\Anhang A.4 Ber5

Hinweis zu den Bruttoverbrauchs-Tabellen sowie zur Aufteilung der thermischen Stromproduktion nach Energieträgern:

Bei konventionell-thermischen Kraftwerken dient der gesamte Bruttoverbrauch der Anlage zur Elektrizitätsproduktion. Bei Wärmekraftkopplungsanlagen hingegen dient ein Teil des Bruttoverbrauchs der Anlage zur Wärmeproduktion (für Eigenbedarf oder für die Fernwärmeabgabe). Im Auftrag des Bundesamtes für Energie wurden daher der Bruttoverbrauch der Anlagen zur thermischen Stromproduktion auf folgende zwei Arten ausgewiesen:

- a. der gesamte Bruttoverbrauch der Anlagen zur therm. Stromprod. => [1] in nachstehendem Schema (Anhang A.3)
- b. Bruttoverbrauch, welcher ausschliesslich zur therm. Stromprod. dient => [2] in nachstehendem Schema (Anhang A.4)

Weiter ist zu beachten, dass im Anhang A.2 sowie unter Punkt 3.3 und 4.2 die thermische Stromproduktion nach Energieträgern aufgeteilt wird. Dabei wurde die Stromproduktion [3] nach Energieträgern aufgeteilt. Es handelt sich folglich nicht um einen Split des Bruttoverbrauchs ([2] oder [1]).



## **B. Wärmekraftkopplung (WKK)**

### **B.1 Zeitreihen elektrische Leistungen 1970 - 2003**

Hyperlink und Seiten-Nr.:

Hinweis: Bei den Kehrlichtverbrennungsanlagen kann die Betriebsart WKK/Nicht-WKK jährlich wechseln (siehe dazu auch Punkt 2.3). Dies führt zu Schwankungen bei der installierten Dampfturbinen-Leistung, welche als WKK-Anlagen der Kategorie W1 ausgewiesen werden.

#### **B.1a Aufteilung nach Anlagekategorien**

Anhang B.1a (S. 56)

#### **B.1b Aufteilung nach Technologien**

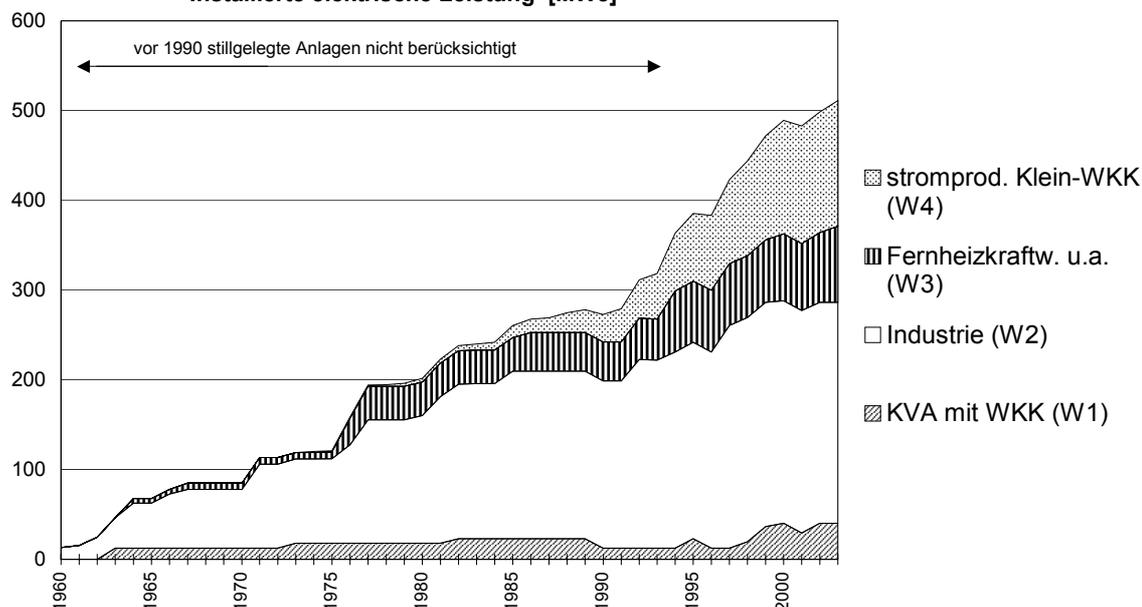
Anhang B.1b (S. 57)

### **B.2 Kantonale Verteilung**

Anhang B.2 (S. 58)

**Install. elektr. Nennleistungen nach Anlagekategorien [MWe]**berücksichtigte Anlagen: **alle WKK-Anlagen**

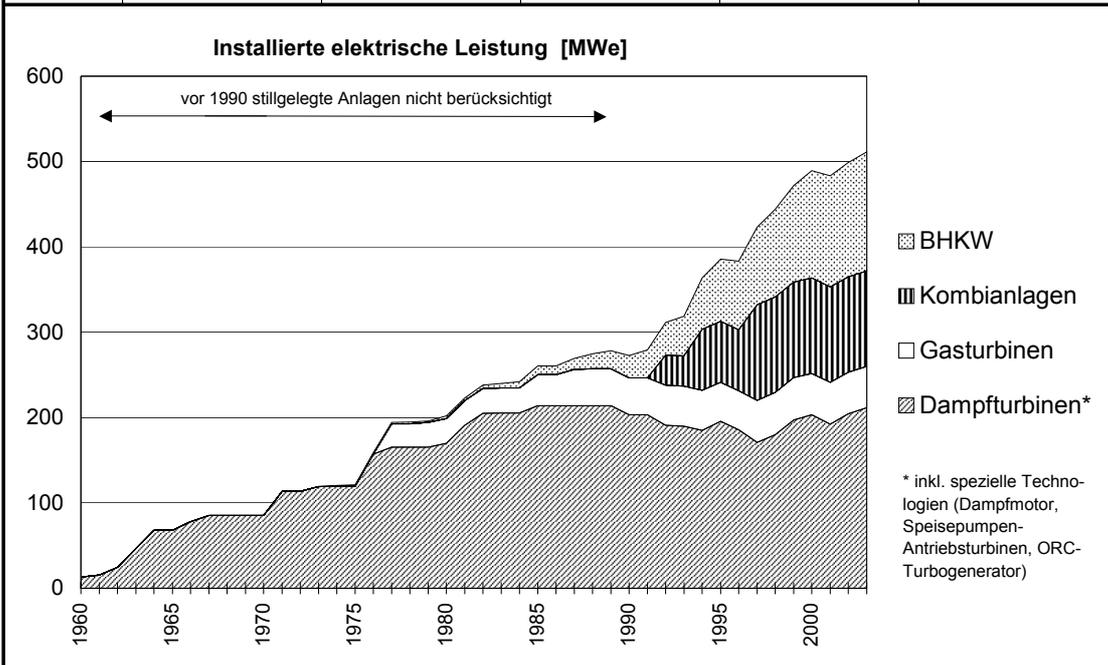
Jahr	KVA mit WKK (W1)	Industrie (W2)	Fernheizkraftw. u.a. (W3)	stromprod. Klein-WKK (W4)	TOTAL
1970	12.40	65.47	7.30	0.00	85.17
1971	12.40	93.77	7.30	0.00	113.47
1972	12.40	93.77	7.30	0.00	113.47
1973	18.00	93.77	7.30	0.00	119.07
1974	18.00	93.77	7.30	1.43	120.50
1975	18.00	94.32	7.30	1.43	121.05
1976	18.00	109.90	29.30	1.43	158.63
1977	18.00	137.50	37.30	1.43	194.23
1978	18.00	137.50	37.30	1.93	194.73
1979	18.00	137.50	37.30	3.43	196.23
1980	18.00	142.20	37.30	4.30	201.80
1981	18.00	163.20	37.30	4.64	223.14
1982	23.20	172.10	37.30	5.65	238.25
1983	23.20	172.66	37.30	6.75	239.91
1984	23.20	172.66	37.30	8.85	242.01
1985	23.20	186.51	37.30	13.52	260.53
1986	23.20	186.51	43.30	14.70	267.71
1987	23.20	186.51	43.30	16.12	269.13
1988	23.20	186.51	43.30	21.90	274.91
1989	23.20	186.51	43.30	25.25	278.26
1990	12.40	186.51	43.30	30.60	272.81
1991	12.40	186.51	43.30	37.00	279.21
1992	12.40	210.35	46.00	42.70	311.45
1993	12.40	209.55	46.00	50.61	318.56
1994	12.40	218.75	68.00	64.33	363.48
1995	23.20	218.79	68.00	75.51	385.50
1996	12.40	218.79	68.70	83.35	383.24
1997	12.40	248.28	68.70	93.81	423.19
1998	19.65	249.78	69.04	105.67	444.14
1999	36.65	249.78	69.34	116.22	471.99
2000	40.20	247.96	74.54	126.40	489.10
2001	29.40	247.96	74.54	131.31	483.21
2002	40.20	246.09	77.66	134.83	498.78
2003	40.20	246.09	84.73	140.12	511.14

**Installierte elektrische Leistung [MWe]**

### Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]

berücksichtigte Anlagen: **alle WKK-Anlagen**

Jahr	Dampfturbinen*	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	TOTAL
1970	85.17	0.00	0.00	0.00	85.17
1971	113.47	0.00	0.00	0.00	113.47
1972	113.47	0.00	0.00	0.00	113.47
1973	119.07	0.00	0.00	0.00	119.07
1974	119.07	0.00	0.00	1.43	120.50
1975	119.62	0.00	0.00	1.43	121.05
1976	157.20	0.00	0.00	1.43	158.63
1977	165.20	27.60	0.00	1.43	194.23
1978	165.20	27.60	0.00	1.93	194.73
1979	165.20	29.10	0.00	1.93	196.23
1980	169.90	29.10	0.00	2.80	201.80
1981	190.90	29.10	0.00	3.14	223.14
1982	205.00	29.10	0.00	4.15	238.25
1983	205.56	29.10	0.00	5.25	239.91
1984	205.56	29.10	0.00	7.35	242.01
1985	214.06	36.38	0.00	10.09	260.53
1986	214.06	36.38	0.00	10.09	260.53
1987	214.06	42.38	0.00	12.69	269.13
1988	214.06	43.28	0.00	17.57	274.91
1989	214.06	43.28	0.00	20.92	278.26
1990	203.26	43.28	0.00	26.27	272.81
1991	203.26	43.28	0.00	32.67	279.21
1992	190.75	46.98	35.34	38.37	311.44
1993	189.95	46.98	35.34	46.28	318.55
1994	184.95	46.98	71.54	60.00	363.47
1995	195.79	45.48	71.54	72.68	385.49
1996	185.69	45.48	71.54	80.52	383.23
1997	170.78	49.58	111.84	90.98	423.18
1998	179.87	49.58	111.84	102.84	444.13
1999	197.17	49.58	111.84	113.39	471.98
2000	203.20	48.55	111.84	125.50	489.09
2001	192.40	48.88	111.84	130.08	483.20
2002	204.45	48.55	111.84	133.93	498.77
2003	211.52	48.55	111.84	139.22	511.13



# Wärmeerkraftkopplung in der Schweiz: Kantonale Verteilung 2003

Anhang B.2

Standort- kanton	Klein-WKK-Anlagen [W4]			Industrie [W2]			Fernheizkraftwerke* [W3]			KVA (nur WKK) [W1]			TOTAL [W1 - W4]			KVA (ohne Wärmenutz.) [T4]		
	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh	Anz.	MWe	GWh
AG	66	6.73	26.41	1	9.20	59.74							67	15.93	86.15	3	30.95	203.92
AI	1	0.03	0.10										1	0.03	0.10			
AR	16	0.93	3.68										16	0.93	3.68			
BE	98	14.62	55.73	3	21.00	81.68	2	0.90	1.75	1	12.40	32.36	104	48.92	171.52	1	4.05	18.66
BL	78	15.40	52.36	3	18.44	113.55							81	33.84	165.91			
BS	34	10.00	39.60	3	24.83	57.68	1	22.00	0.08	1	17.00	43.83	39	73.83	141.19			
FR	21	2.41	9.45	1	0.06								22	2.47	9.45	1	10.00	69.59
GE	26	5.15	19.35										26	5.15	19.35	1	31.00	173.04
GL	4	0.26	1.00										4	0.26	1.00	1	12.40	70.37
GR	37	3.07	12.07	1	1.00	0.52							38	4.07	12.59	1	5.00	18.12
JU	3	0.11	0.44										3	0.11	0.44			
LU	68	11.76	46.17	1	4.60	21.53	1	7.37	16.00				70	23.73	83.70	1	6.70	41.92
NE	28	2.06	8.12										28	2.06	8.12	2	10.45	57.65
NW	2	0.10	0.39										2	0.10	0.39			
OW	3	0.67	2.84										3	0.67	2.84			
SG	112	10.27	41.60										112	10.27	41.60	3	26.90	168.79
SH	24	4.98	17.70										24	4.98	17.70			
SO	32	3.23	12.72	3	35.71	190.10							35	38.94	202.82	1	11.80	59.80
SZ	14	1.15	4.18										14	1.15	4.18			
TG	61	5.46	21.36	2	11.00	21.19							63	16.46	42.55	1	7.25	48.59
TI	9	1.15	4.49										9	1.15	4.49			
UR	3	0.28	1.09										3	0.28	1.09			
VD	60	4.14	15.20				4	41.96	96.67				64	46.10	111.87			
VS	22	1.71	6.68	3	117.30	318.62							25	119.01	325.30	3	28.50	128.35
ZG	9	1.62	5.67	1	2.94	10.45							10	4.56	16.12			
ZH	174	32.83	129.65				2	12.50	42.64	1	10.80	29.50	177	56.13	201.79	5	56.36	291.72
<b>Total</b>	<b>1005</b>	<b>140.1</b>	<b>538.1</b>	<b>22</b>	<b>246.1</b>	<b>875.1</b>	<b>10</b>	<b>84.7</b>	<b>157.1</b>	<b>3</b>	<b>40.2</b>	<b>105.7</b>	<b>1040</b>	<b>511.1</b>	<b>1'676.0</b>	<b>24</b>	<b>241.4</b>	<b>1'350.5</b>

Anz. = Anzahl stromproduzierende Wärmeerkraftkopplungsanlagen am Jahresende

MWe = installierte elektrische Leistung in MW am Jahresende

GWh = Stromproduktion im entsprechenden Jahr (kant. Aufteilung bei den Klein-WKK-Anlagen kann nur näherungsweise erfolgen)

\* Fernheizkraftwerke mit Dampf- oder Gasturbinen, Kombiheizkraftwerken und div. Sepzialanlagen (Fernheizkraftwerke mit Gas-/Dieselmotoren sind als Klein-WKK-Anlagen erfasst)

G:\2004\1005\All-Ausw\KT-WKK2003.xls\AuswTab\_Ber1

02.08.2004

## **C. Gross-WKK-Anlagen**

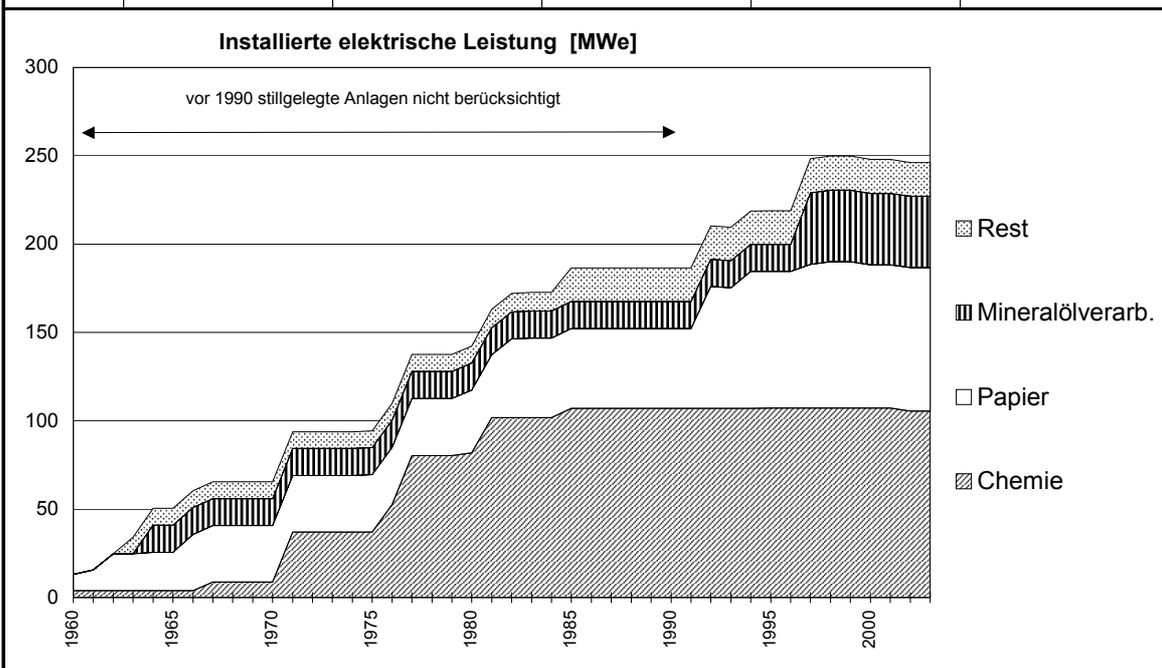
Hyperlink und Seiten-Nr.:

- |            |   |                   |
|------------|---|-------------------|
| <b>Ca.</b> | <b>Entwicklung aller industriellen Gross-WKK-Anlagen nach Branchen</b>                | Anhang Ca (S. 60) |
| <b>Cb.</b> | <b>Gross-WKK-Anlagen in der chemischen Industrie nach Technologien</b>                | Anhang Cb (S. 61) |
| <b>Cc.</b> | <b>Gross-WKK-Anlagen in der Papierindustrie nach Technologien</b>                     | Anhang Cc (S. 62) |
| <b>Cd.</b> | <b>Gross-WKK-Anlagen in der Industrie (exkl. Papier und Chemie) nach Technologien</b> | Anhang Cd (S. 63) |
| <b>Ce.</b> | <b>Gross-WKK-Anlagen in Fernheizkraftwerken nach Technologien</b>                     | Anhang Ce (S. 64) |

**Install. elektr. Nennleistungen nach Industriebranchen [MWe]**

berücksichtigte Anlagen: **Gross-WKK-Anlagen in der Industrie**

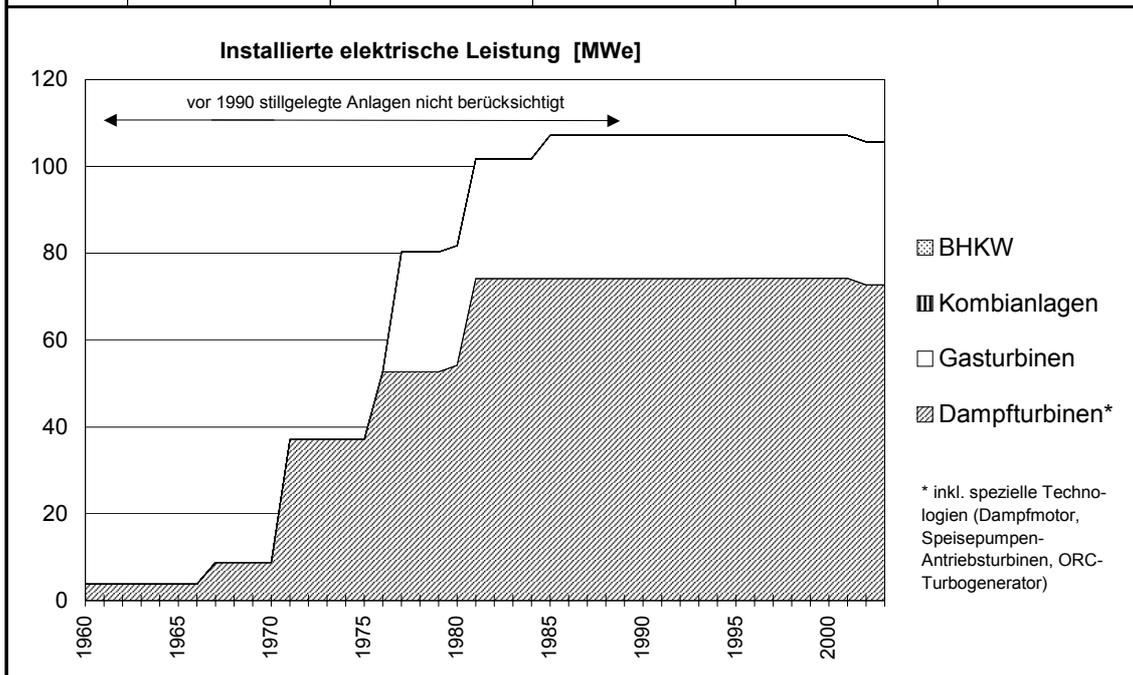
Jahr	Chemie	Papier	Mineralölverarb.	Rest	TOTAL
1970	8.80	31.87	15.30	9.50	65.47
1971	37.10	31.87	15.30	9.50	93.77
1972	37.10	31.87	15.30	9.50	93.77
1973	37.10	31.87	15.30	9.50	93.77
1974	37.10	31.87	15.30	9.50	93.77
1975	37.10	32.42	15.30	9.50	94.32
1976	52.68	32.42	15.30	9.50	109.90
1977	80.28	32.42	15.30	9.50	137.50
1978	80.28	32.42	15.30	9.50	137.50
1979	80.28	32.42	15.30	9.50	137.50
1980	81.78	35.62	15.30	9.50	142.20
1981	101.78	35.62	15.30	10.50	163.20
1982	101.78	44.52	15.30	10.50	172.10
1983	101.78	45.08	15.30	10.50	172.66
1984	101.78	45.08	15.30	10.50	172.66
1985	107.13	45.08	15.30	19.00	186.51
1986	107.13	45.08	15.30	19.00	186.51
1987	107.13	45.08	15.30	19.00	186.51
1988	107.13	45.08	15.30	19.00	186.51
1989	107.13	45.08	15.30	19.00	186.51
1990	107.13	45.08	15.30	19.00	186.51
1991	107.13	45.08	15.30	19.00	186.51
1992	107.13	68.92	15.30	19.00	210.35
1993	107.13	68.12	15.30	19.00	209.55
1994	107.13	77.32	15.30	19.00	218.75
1995	107.17	77.32	15.30	19.00	218.79
1996	107.17	77.32	15.30	19.00	218.79
1997	107.17	81.42	40.30	19.39	248.28
1998	107.17	82.92	40.30	19.39	249.78
1999	107.17	82.92	40.30	19.39	249.78
2000	107.17	81.10	40.30	19.39	247.96
2001	107.17	81.10	40.30	19.39	247.96
2002	105.63	81.10	40.30	19.06	246.09
2003	105.63	81.10	40.30	19.06	246.09



### Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]

berücksichtigte Anlagen: **Gross-WKK-Anlagen in der chemischen Industrie (NOGA 24)**

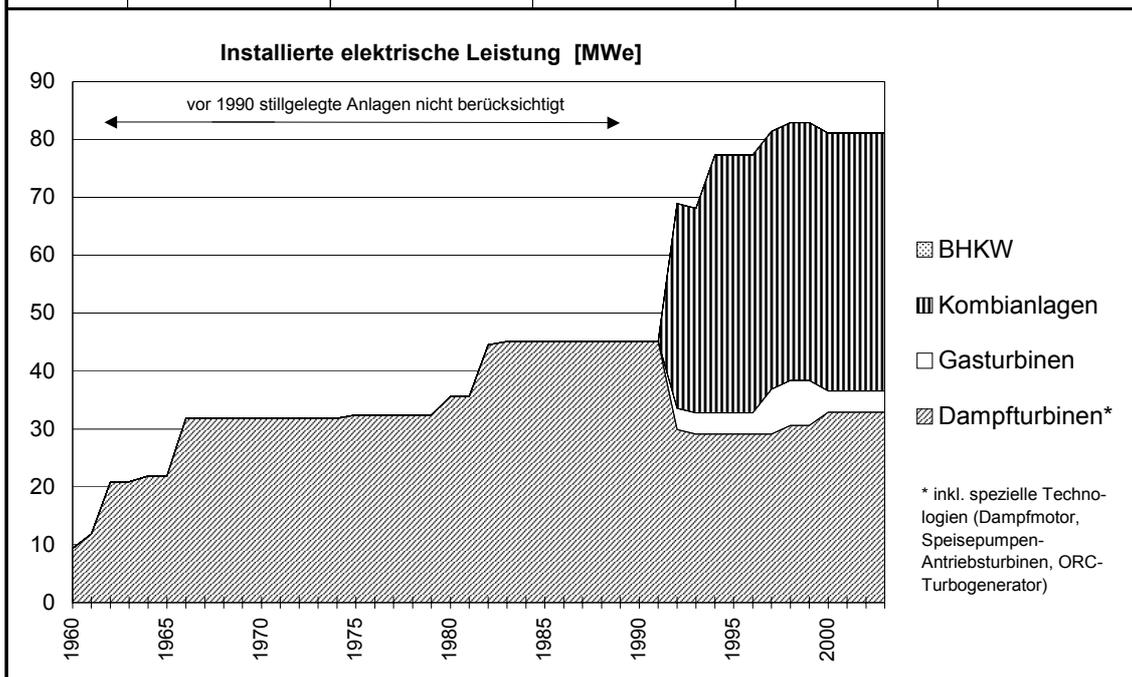
Jahr	Dampfturbinen*	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	TOTAL
1970	8.80	0.00	0.00	0.00	8.80
1971	37.10	0.00	0.00	0.00	37.10
1972	37.10	0.00	0.00	0.00	37.10
1973	37.10	0.00	0.00	0.00	37.10
1974	37.10	0.00	0.00	0.00	37.10
1975	37.10	0.00	0.00	0.00	37.10
1976	52.68	0.00	0.00	0.00	52.68
1977	52.68	27.60	0.00	0.00	80.28
1978	52.68	27.60	0.00	0.00	80.28
1979	52.68	27.60	0.00	0.00	80.28
1980	54.18	27.60	0.00	0.00	81.78
1981	74.18	27.60	0.00	0.00	101.78
1982	74.18	27.60	0.00	0.00	101.78
1983	74.18	27.60	0.00	0.00	101.78
1984	74.18	27.60	0.00	0.00	101.78
1985	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1986	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1987	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1988	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1989	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1990	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1991	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1992	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1993	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1994	74.18	32.95	0.00	0.00	107.13
1995	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
1996	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
1997	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
1998	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
1999	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
2000	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
2001	74.22	32.95	0.00	0.00	107.17
2002	72.68	32.95	0.00	0.00	105.63
2003	72.68	32.95	0.00	0.00	105.63



### Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]

berücksichtigte Anlagen: **Gross-WKK-Anlagen in der Papierindustrie (NOGA 21)**

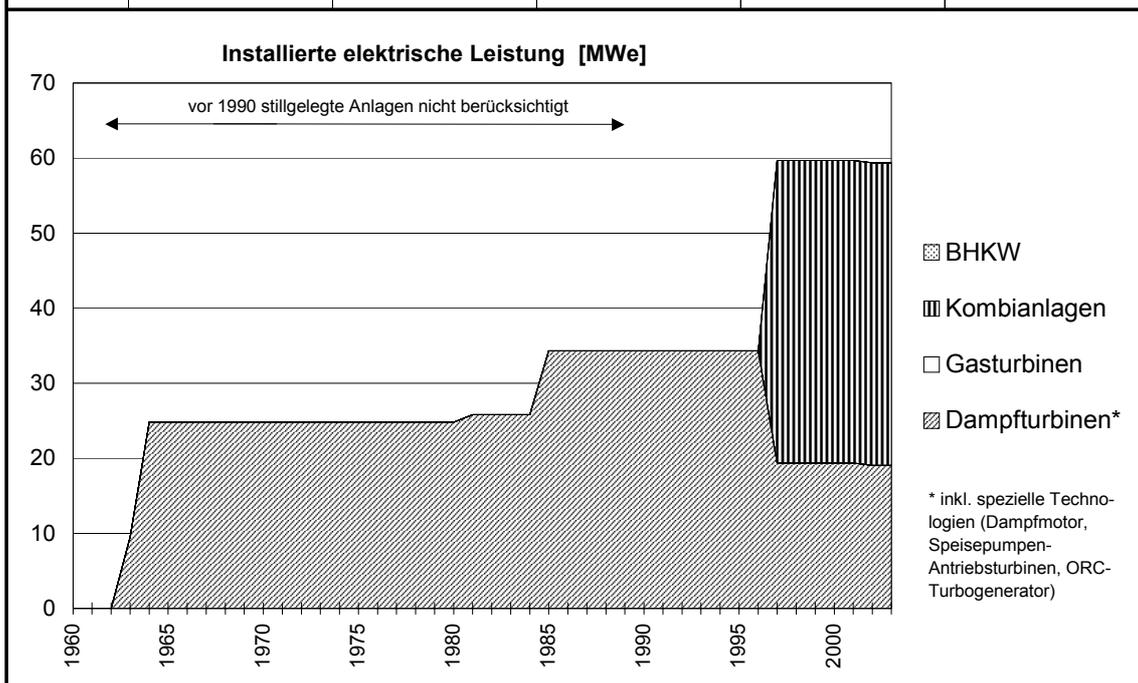
Jahr	Dampfturbinen*	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	TOTAL
1970	31.87	0.00	0.00	0.00	31.87
1971	31.87	0.00	0.00	0.00	31.87
1972	31.87	0.00	0.00	0.00	31.87
1973	31.87	0.00	0.00	0.00	31.87
1974	31.87	0.00	0.00	0.00	31.87
1975	32.42	0.00	0.00	0.00	32.42
1976	32.42	0.00	0.00	0.00	32.42
1977	32.42	0.00	0.00	0.00	32.42
1978	32.42	0.00	0.00	0.00	32.42
1979	32.42	0.00	0.00	0.00	32.42
1980	35.62	0.00	0.00	0.00	35.62
1981	35.62	0.00	0.00	0.00	35.62
1982	44.52	0.00	0.00	0.00	44.52
1983	45.08	0.00	0.00	0.00	45.08
1984	45.08	0.00	0.00	0.00	45.08
1985	45.08	0.00	0.00	0.00	45.08
1986	45.08	0.00	0.00	0.00	45.08
1987	45.08	0.00	0.00	0.00	45.08
1988	45.08	0.00	0.00	0.00	45.08
1989	45.08	0.00	0.00	0.00	45.08
1990	45.08	0.00	0.00	0.00	45.08
1991	45.08	0.00	0.00	0.00	45.08
1992	29.88	3.70	35.34	0.00	68.92
1993	29.08	3.70	35.34	0.00	68.12
1994	29.08	3.70	44.54	0.00	77.32
1995	29.08	3.70	44.54	0.00	77.32
1996	29.08	3.70	44.54	0.00	77.32
1997	29.08	7.80	44.54	0.00	81.42
1998	30.58	7.80	44.54	0.00	82.92
1999	30.58	7.80	44.54	0.00	82.92
2000	32.86	3.70	44.54	0.00	81.10
2001	32.86	3.70	44.54	0.00	81.10
2002	32.86	3.70	44.54	0.00	81.10
2003	32.86	3.70	44.54	0.00	81.10



### Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]

berücksichtigte Anlagen: **Gross-WKK-Anlagen in der Industrie (exkl. Papier + Chemie)**

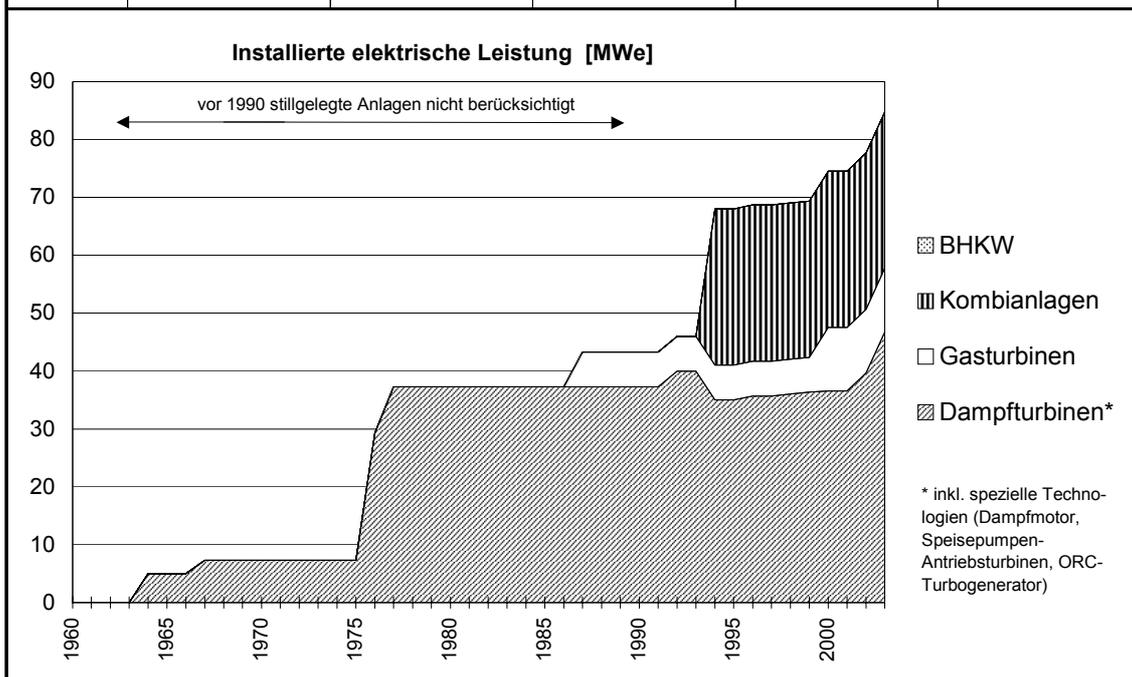
Jahr	Dampfturbinen*	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	TOTAL
1970	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1971	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1972	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1973	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1974	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1975	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1976	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1977	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1978	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1979	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1980	24.80	0.00	0.00	0.00	24.80
1981	25.80	0.00	0.00	0.00	25.80
1982	25.80	0.00	0.00	0.00	25.80
1983	25.80	0.00	0.00	0.00	25.80
1984	25.80	0.00	0.00	0.00	25.80
1985	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1986	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1987	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1988	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1989	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1990	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1991	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1992	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1993	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1994	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1995	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1996	34.30	0.00	0.00	0.00	34.30
1997	19.39	0.00	40.30	0.00	59.69
1998	19.39	0.00	40.30	0.00	59.69
1999	19.39	0.00	40.30	0.00	59.69
2000	19.39	0.00	40.30	0.00	59.69
2001	19.39	0.00	40.30	0.00	59.69
2002	19.06	0.00	40.30	0.00	59.36
2003	19.06	0.00	40.30	0.00	59.36



### Installierte elektr. Nennleistungen nach Technologien [MWe]

berücksichtigte Anlagen: **Fernheizkraftwerke (exkl. KVA) sowie andere Spezialanlagen**

Jahr	Dampfturbinen*	Gasturbinen	Kombianlagen	BHKW	TOTAL
1970	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1971	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1972	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1973	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1974	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1975	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30
1976	29.30	0.00	0.00	0.00	29.30
1977	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1978	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1979	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1980	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1981	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1982	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1983	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1984	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1985	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1986	37.30	0.00	0.00	0.00	37.30
1987	37.30	6.00	0.00	0.00	43.30
1988	37.30	6.00	0.00	0.00	43.30
1989	37.30	6.00	0.00	0.00	43.30
1990	37.30	6.00	0.00	0.00	43.30
1991	37.30	6.00	0.00	0.00	43.30
1992	40.00	6.00	0.00	0.00	46.00
1993	40.00	6.00	0.00	0.00	46.00
1994	35.00	6.00	27.00	0.00	68.00
1995	35.00	6.00	27.00	0.00	68.00
1996	35.70	6.00	27.00	0.00	68.70
1997	35.70	6.00	27.00	0.00	68.70
1998	36.04	6.00	27.00	0.00	69.04
1999	36.34	6.00	27.00	0.00	69.34
2000	36.54	11.00	27.00	0.00	74.54
2001	36.54	11.00	27.00	0.00	74.54
2002	39.66	11.00	27.00	0.00	77.66
2003	46.73	11.00	27.00	0.00	84.73



## **D. Klein-WKK-Anlagen**

### **D.1 Jahresstatistiken 2003**

Hyperlink und Seiten-Nr.:

#### **D.1a Klein-WKK-Jahresstatistik Typ 2**

Anhang D.1a (S. 66)

Erläuterungen zu dieser Jahresstatistik finden sich im Anhang F.2.4.

#### **D.1b Klein-WKK-Jahresstatistik Typ 3**

Anhang D.1b (S. 67)

Erläuterungen zu dieser Jahresstatistik finden sich im Anhang F.2.3.

#### **D.1c Fortschreibungsparameter 2003**

Anhang D1.c (S. 68)

Das Modell zur Fortschreibung der Energiedaten der Klein-WKK-Anlagen ab 1994 ist im Anhang F.2.3 ausführlich beschrieben.

### **D.2 Zeitreihen 1986 - 2003**

#### **D.2a Anzahl Anlagen und Aggregate und durchschnittliche Energie-Inputleistungen**

Anhang D.2a (S. 69)

#### **D.2b Installierte Leistungen**

Anhang D2.b (S. 70)

#### **D.2c Installierte Anschlussleistungen (= Inputleistungen) aufgeteilt nach WKK-Technologien**

Anhang D.2c (S. 71)

#### **D.2d Energieverbrauch und -produktion**

Anhang D2.d (S. 72)

#### **D.2e Endenergieverbrauch nach Energieträgern**

Anhang D.2e (S. 73)

#### **D.2f Anzahl Klein-WKK-Aggregate und elektrische Nennleistungen nach Anlagekategorien und Einsatzgebieten ab 1990**

Anhang D.2f (S. 74)

#### **D.2g Aufteilung der Klein-WKK-Aggregate nach Leistungsklassen und Hauptenergieträger per Ende 2003**

Anhang D.2g (S. 75)

<b>Jahresstatistik 2003</b>												
<b>Typ 2</b> der Klein-WKK-Jahresstatistik		<b>TOTAL</b> (alle Anlagen)	<b>Aufteilung nach Anlageart 3)</b>					<b>Aufteilung nach Technologien</b>				
		fossile WP	Biogas	Klärgas	Deponieg.	foss. BHKW	Div. foss.	BHKW 4)	Wärmep.	Gasturb.	Rest 5)	
<b>WKK-Anlagen in Betrieb (Jahresende)</b>		M	N	O	P	Q	R	S	U	V	W	X
Anzahl WKK-Anlagen 1)	-	1057	52	53	293	2	638	19	983	52	7	15
Anzahl WKK-Aggregate	-	1389	58	67	419	5	814	26	1302	58	9	20
Installierte Leistungen												
- Anschlussleistung	MW	427.47	14.00	17.08	86.14	5.38	294.22	10.66	401.32	14.00	3.00	9.17
- elektrische Leistung	MW	140.12		5.64	26.30	1.82	101.50	4.86	134.77		0.90	4.45
- mechanische Leistung 2)	MW	0.94			0.94				0.94			
- Heizleistung	MW	248.56	22.39	8.75	47.17	3.00	159.45	7.81	217.55	22.39	1.50	7.12
<b>Jahresenergieverbrauch/ -produktion</b>												
Endenergieverbrauch Total	GWh	1691.33	26.66	58.21	364.91	29.17	1182.34	30.03	1626.34	26.66	12.92	25.40
- Erdgas	GWh	968.66	22.82		1.54	27.06	887.22	30.03	915.82	22.82	12.92	17.10
- Diesel / Heizöl EL	GWh	260.83	3.85		0.52		256.46		256.98	3.85		
- Propan	GWh	39.89			0.80	0.41	38.67		39.89			
- Klärgas	GWh	362.04			362.04				353.74			8.30
- Deponiegas	GWh	1.70				1.70			1.70			
- Biogas	GWh	58.21		58.21					58.21			
- Fett/Öl erneuerbar	GWh											
- andere Energieträger	GWh											
produzierte Elektrizität	GWh	538.08		15.69	102.92	9.43	401.88	8.16	527.40		3.75	6.93
genutzte mechanische Energie 2)	GWh	5.11			5.11				5.11			
produzierte Wärmeenergie	GWh	905.01	37.61	28.95	186.36	15.87	616.44	19.78	843.26	37.61	6.19	17.95
genutzte Wärmeenergie	GWh	853.72	37.13	16.90	159.52	15.87	605.25	19.04	793.28	37.13	6.19	17.11

Kommentare:

1) Eine WKK-Anlage(=Standort) kann mehrere WKK-Aggregate(=Modul) umfassen.

2) nur direkt genutzte mechanische Leistung und Energie (z.B. von Gebläseantrieben in Kläranlagen)

3) Aufteilung der Anlagen zur Übernahme in die Statistik der erneuerbaren Energieträger

4) Blockheizkraftwerke (BHKW) und Direkt-Gebläseantriebe (in Kläranlagen eingesetzt)

5) Alle WKK-Anlagen, bei denen mehrere Technologien gleichzeitig oder spezielle Technologien wie Brennstoffzellen, Total-Energie-Anlagen TEA usw. installiert sind.

Erstellungsdatum: 29.07.04

G:\2004\1005\KW-Ausw\Jahr\_Typ3+2\_2003.xls\Anhang D.1a Ber04

<b>Jahresstatistik</b>		<b>2003</b>											
<b>Typ 3</b>		<b>TOTAL</b>	<b>Anlagearten (Typ 3) der Klein-WKK-Statistik 3)</b>										
der Klein-WKK-Jahresstatistik		(alle Anlagen)	fossile WP	Biogas LW	ARA o. GT	Deponieg.	foss. BHKW	Rest foss.	Biog. Gew/In	ARA nur GT	fossile GT	Rest(ARA)	
Anlagekategorie 4) ->		W5	W4.BIO.1	W4.ARA.1a	W4.DEP	W4.FOS.1a	W4.FOS.1b	W4.BIO.2	W4.ARA.2	W4.FOS.2	W4.ARA.1b		
<b>WKK-Anlagen in Betrieb (Jahresende)</b>		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K		
Anzahl WKK-Anlagen 1)	-	1057	52	35	290	2	638	12	18		7	3	
Anzahl WKK-Aggregate	-	1389	58	41	416	5	814	17	26		9	3	
Installierte Leistungen													
- Anschlussleistung	MW	427.47	14.00	5.33	84.63	5.38	294.22	7.66	11.75		3.00	1.50	
- elektrische Leistung	MW	140.12		1.66	25.81	1.82	101.50	3.96	3.97		0.90	0.48	
- mechanische Leistung 2)	MW	0.94			0.94								
- Heizleistung	MW	248.56	22.39	2.71	46.35	3.00	159.45	6.30	6.04		1.50	0.82	
<b>Jahresenergieverbrauch/ -produktion</b>													
Endenergieverbrauch Total	GWh	1691.33	26.66	17.68	356.61	29.17	1182.34	17.10	40.53		12.92	8.30	
- Erdgas	GWh	968.66	22.82		1.54	27.06	887.22	17.10			12.92		
- Diesel / Heizöl EL	GWh	260.83	3.85		0.52		256.46						
- Propan	GWh	39.89			0.80	0.41	38.67						
- Klärgas	GWh	362.04			353.74							8.30	
- Deponiegas	GWh	1.70				1.70							
- Biogas	GWh	58.21		17.68					40.53				
- Fett/Öl erneuerbar	GWh												
- andere Energieträger	GWh												
produzierte Elektrizität	GWh	538.08		5.29	100.39	9.43	401.88	4.41	10.40		3.75	2.52	
genutzte mechanische Energie 2)	GWh	5.11			5.11								
produzierte Wärmeenergie	GWh	905.01	37.61	8.93	182.00	15.87	616.44	13.59	20.02		6.19	4.36	
genutzte Wärmeenergie	GWh	853.72	37.13	8.00	155.26	15.87	605.25	12.85	8.91		6.19	4.26	

Kommentare:

1) Eine WKK-Anlage(=Standort) kann mehrere WKK-Aggregate(=Modul) umfassen.

2) nur direkt genutzte mechanische Leistung und Energie (z.B. von Gebläseantrieben in Kläranlagen)

3) Die ausgewiesenen Anlagearten (Typ 3) der Klein-WKK-Statistik weisen leider aus verschiedenen Gründen eine ungeeignete Reihenfolge auf.

4) Ab Ausgabe 1997 wurden neue Kategorien der thermischen Stromproduktion und der Wärmekraftkopplung definiert. Dabei wird u.a. zwischen stromprod. Klein-WKK-Anlagen (Kat. W4) und nicht stromprod. Klein-WKK-Anl. (W5) unterschieden.

Die stromprod. Klein-WKK-Anl. (W4) werden in 7 Unterkat. aufget. (W4.ARA.1, W4.ARA.2, W4.BIO.1, W4.BIO.2, W4.DEP, W4.FOS.1, W4.FOS.2). Es gilt zu beachten, dass in obiger Tabelle die Kat. W4.ARA.1 und W4.FOS.1 in je 2 Spalten erscheinen.

Erstellungsdatum: 29.07.04

G:\2004\1005\KW-Ausw\Jahr\_Typ3+2\_2003.xls\Anhang D.1b+c Ber02

<b>Fortschreibungsparameter 2003</b>											
	Kommentare zu den Fortschreibungsparameter	<b>Anlagearten (Typ 3) der Klein-WKK-Statistik</b>									
		fossile WP	Biogas LW	ARA o. GT	Deponieg.	foss. BHKW	Rest foss.	Biog. Gew/In	ARA nur GT	fossile GT	Rest(ARA)
Anlagekategorie ->		W5	W4.BIO.1	W4.ARA.1a	W4.DEP	W4.FOS.1a	W4.FOS.1b	W4.BIO.2	W4.ARA.2	W4.FOS.2	W4.ARA.1b
<b>Allgemeine Annahmen</b>		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K
Prozentsatz der Vollbetriebsstunden, welche die neu in Betrieb genommenen Anlagen erreichten:											
a.) im letzten Jahr	Wert a gemäss Bild F.2c	35%	-	40%	-	35%	-	-	-	-	-
b.) in diesem Jahr	Wert a gemäss Bild F.2c	35%	-	40%	-	35%	-	-	-	-	-

**Fortschreibungsparameter zur Ermittlung des/der Jahresenergieverbrauchs/-produktion**

Endenergieverbrauch Total	S3: Vollbetriebsstunden	1905	Die Energiedaten werden summarisch aus der Biogasstatistik (Landwirtschaft, WKK) übernommen.	4306	Die Energiedaten werden durch E+P jährlich erhoben.	4039	Die Energiedaten werden grösstenteils durch E+P jährlich erhoben.	Die Energiedaten werden anlagenweise aus der Biogasstatistik (Industrie und Gewerbe) übernommen.	Die Energiedaten werden durch E+P jährlich erhoben.	Die Energiedaten werden durch E+P jährlich erhoben.	Die Energiedaten werden durch E+P einzeln erhoben oder geschätzt.
- Erdgas	Split des Endenergieverbrauchs Total auf die verschiedenen Energieträger erfolgt:	85.6%		0.4%		75.0%					
- Diesel / Heizöl EL	a. gemäss den erhobenen Werten des Jahres 1993 (Spalten A und C)	14.4%		0.1%		21.7%					
- Propan				0.2%		3.3%					
- Klärgas				99.2%							
- Deponiegas											
- Biogas	b. gemäss den Inputleistungsanteilen des Vorjahres (Spalten E und F)										
- Holz											
- andere Energieträger											
produzierte Elektrizität	S3: Vollbetriebsstunden			4008		3980					
genutzte mechanische Energie	S3: Vollbetriebsstunden		4744								
produzierte Wärmeenergie	S3: Vollbetriebsstunden	1680	3990	3889							
genutzte Wärmeenergie 4)	Anteil an Wärmeproduktion	98.7%	85.3%	98.2%							

Kommentare:

- Die Fortschreibungsparameter zu den fossilen WP (W5) basieren auf den erhobenen Daten der Jahre 1992 und 1993.
- Die Vollbetriebsstunden der Kat. W4.ARA.1a basieren auf erhobenen Daten der Jahre 90-93 sowie 2001. Die Vollbetriebsstunden der Zwischenjahre wurden linear interpoliert. Die Herleitung findet sich in Tabelle F.2e.  
Der Energieträgersplit der Kat. W4.ARA.1a basiert auf erhobenen Daten der Jahre 1992 und 1993.
- Die Vollbetriebsstunden der Kat. W4.FOS.1a basieren auf erhobenen Daten der Jahre 90-93 sowie 1996/1997. Die Vollbetriebsstunden der Zwischenjahre wurden linear interpoliert. Die Herleitung findet sich in Tabelle F.2d.  
Der Energieträgersplit der Kat. W4.FOS.1a wird ausgehend von den Hauptenergieträgern der installierten WKK-Aggregate per Ende des Vorjahres berechnet (siehe Tabelle F.2d).
- Der prozentuale Anteil der Wärmeenergie, welche effektiv genutzt wird (und nicht via Kühler an die Umwelt abgegeben wird), basiert bei den Kategorien W5, W4.ARA.1a, W4.FOS.1a und W4.FOS.1b auf Erhebungen der Jahre 1992/1993.

Erstellungsdatum: 29.07.04

G:\2004\1005\KW-Ausw[Jahr\_Typ3+2\_2003.xls]Anhang D.1b+c Ber03

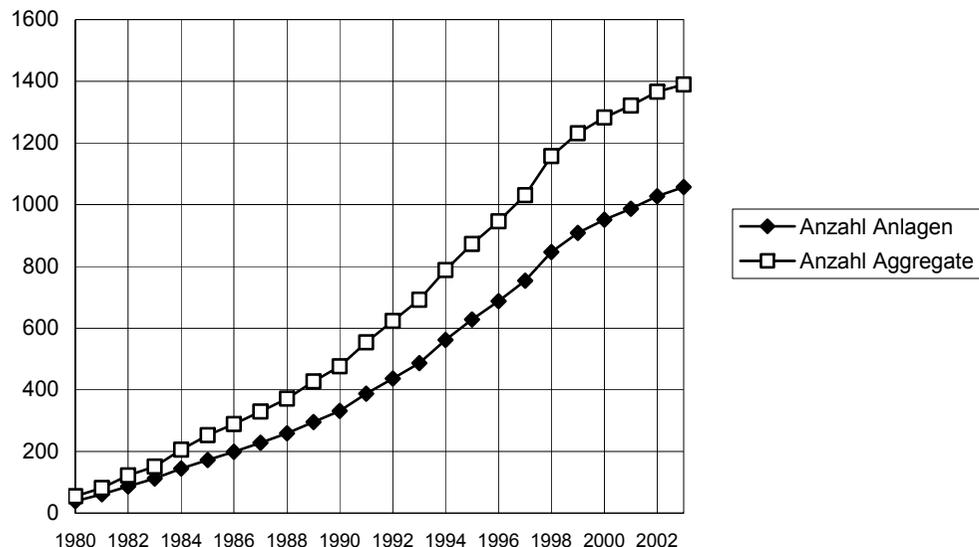
### Anzahl Anlagen und Aggregate / Durchschnittliche Energieinputleistungen

betrachtete Anlagen und Aggregate: sämtliche in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen

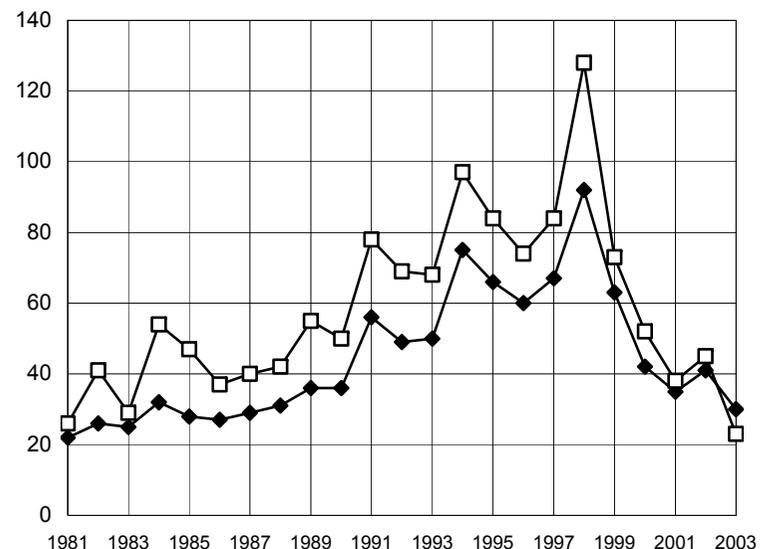
Kat. W4+W5

		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Anzahl Klein-WKK-Anlagen 1)		199	228	259	295	331	387	436	486	561	627	687	754	846	909	951	986	1027	1057
Anzahl Klein-WKK-Aggregate 2)		289	329	371	426	476	554	623	691	788	872	946	1030	1158	1231	1283	1321	1366	1389
Anzahl Aggregate pro Anlage (Mittel)		1.45	1.44	1.43	1.44	1.44	1.43	1.43	1.42	1.40	1.39	1.38	1.37	1.37	1.35	1.35	1.34	1.33	1.31
durchschn. Inputleist. pro Anlage	kW/Anl.	363	350	386	379	392	391	391	400	422	425	419	420	412	415	419	415	407	404
durchschn. Inputleist. pro Aggregat	kW/Aggr.	250	243	270	262	273	273	273	281	300	305	304	307	301	306	310	309	306	308

Anz. Ende Jahr in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen resp. -Aggregate



Zunahme der Anzahl Anlagen resp. Aggregate gegenüber Vorjahr

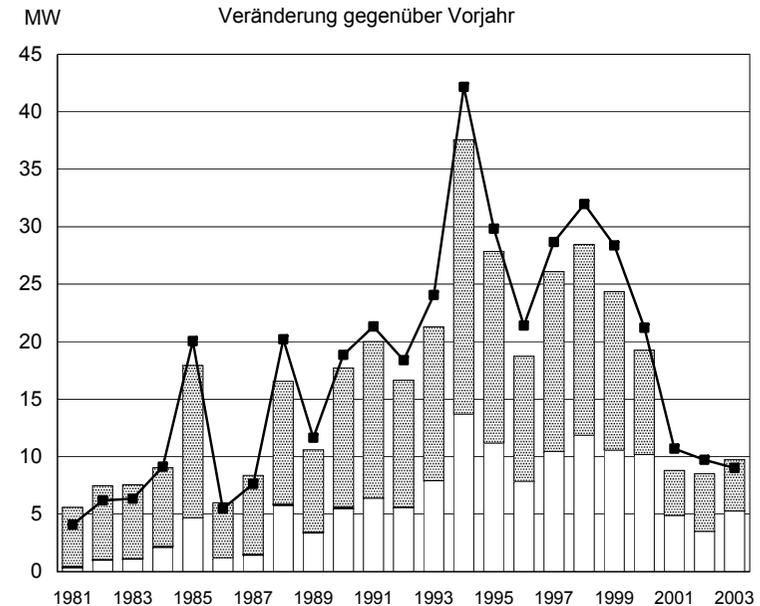
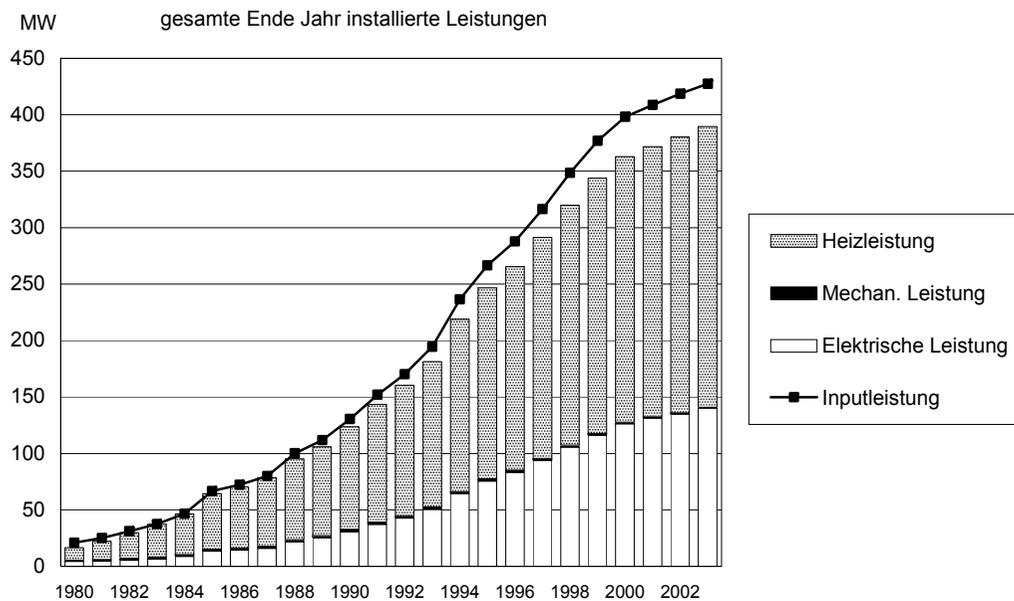


**Installierte Leistungen**

betrachtete Anlagen und Aggregate: sämtliche in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen

Kat. W4 + W5

		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Anschlussleistung = Inputleistung	MW	79.89	100.10	111.75	130.61	151.93	170.32	194.39	236.55	266.39	287.78	316.46	348.43	376.81	398.02	408.73	418.46	427.47
Heizleistung	MW	60.81	71.49	78.64	90.69	104.32	115.36	128.74	152.57	169.24	180.09	195.72	212.32	226.13	235.20	239.11	244.11	248.56
Mechanische Leistung	MW	1.73	1.85	1.93	2.12	2.12	2.17	2.03	1.92	1.92	1.95	1.71	1.71	1.49	1.24	1.17	1.17	0.94
Elektrische Leistung	MW	16.13	21.89	25.25	30.73	37.12	42.70	50.61	64.33	75.51	83.35	93.81	105.67	116.22	126.40	131.31	134.83	140.12

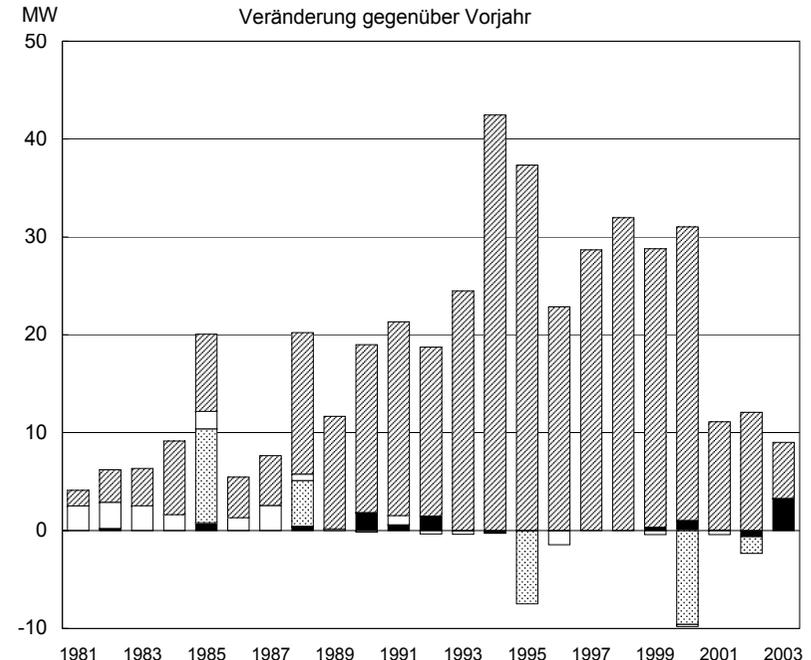
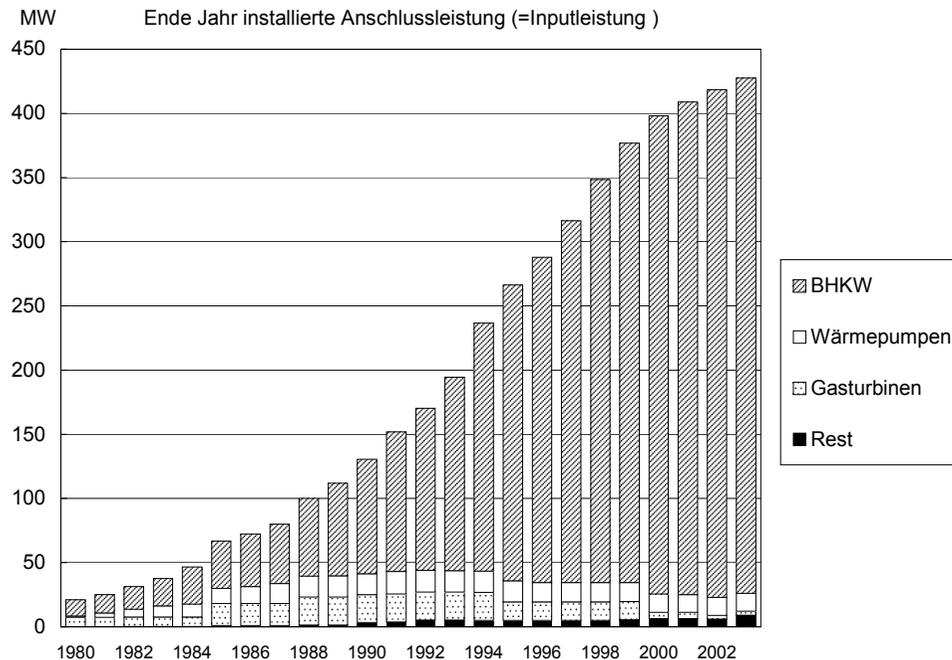


**Installierte Anschlussleistungen (=Inputleistungen) aufgeteilt nach WKK-Technologien**

betrachtete Anlagen und Aggregate: sämtliche in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen Kat. W4 + W5

		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
BHKW (inkl. Gebläseantriebe)	MW	46.02	60.47	71.95	89.12	108.91	126.20	150.67	193.13	230.47	253.33	282.01	313.98	342.43	372.43	383.50	395.57	401.32
Gas- + Dieselmotorwärmepumpen*	MW	15.77	16.43	16.61	16.45	17.39	17.02	16.62	16.51	16.51	15.05	15.05	15.05	14.63	14.41	14.00	14.00	14.00
Gasturbinen (bis 1 MWe)	MW	17.10	21.76	21.76	21.76	21.76	21.76	21.76	21.76	14.26	14.26	14.26	14.26	14.26	4.66	4.71	3.00	3.00
Rest (z.B. Brennstoffzellen, TEA)	MW	1.00	1.44	1.44	3.27	3.87	5.34	5.34	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.49	6.53	6.53	5.89	9.17
<b>TOTAL</b>	<b>MW</b>	<b>79.89</b>	<b>100.10</b>	<b>111.76</b>	<b>130.61</b>	<b>151.93</b>	<b>170.32</b>	<b>194.39</b>	<b>236.55</b>	<b>266.39</b>	<b>287.78</b>	<b>316.46</b>	<b>348.43</b>	<b>376.81</b>	<b>398.02</b>	<b>408.73</b>	<b>418.46</b>	<b>427.47</b>

\* Kat. W5

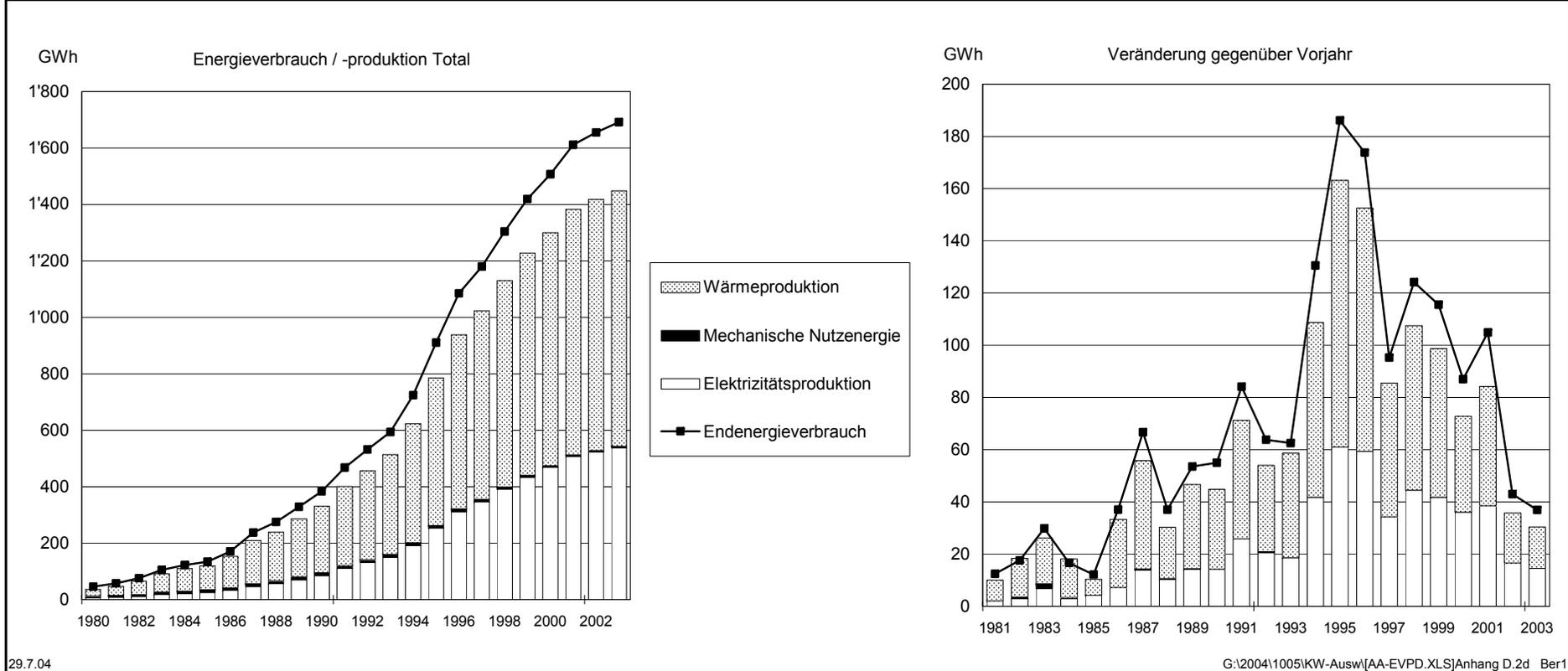


**Energieverbrauch / -produktion**

betrachtete Anlagen und Aggregate: sämtliche in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen

Kat. W4 + W5

		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Endenergieverbrauch	GWh/a	237.8	274.9	328.5	383.5	467.7	531.4	594.0	724.6	910.7	1084.6	1179.8	1304.0	1419.5	1506.5	1611.4	1654.4	1691.3
Wärmeproduktion	GWh/a	152.8	172.5	204.7	235.3	280.7	313.8	353.9	420.9	523.0	616.3	667.5	730.6	787.5	824.3	870.0	889.1	905.0
Mechanische Nutzenergie	GWh/a	9.8	10.2	10.5	10.6	10.0	10.3	10.1	10.1	9.6	9.6	9.1	8.4	7.8	6.7	5.7	5.6	5.1
Elektrizitätsproduktion	GWh/a	46.3	56.6	70.7	84.8	110.6	131.2	149.8	191.5	252.5	311.9	346.1	390.6	432.5	468.5	507.0	523.6	538.1
Gesamtwirkungsgrad	-	88%	87%	87%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	87%	87%	86%	86%	86%	86%	86%

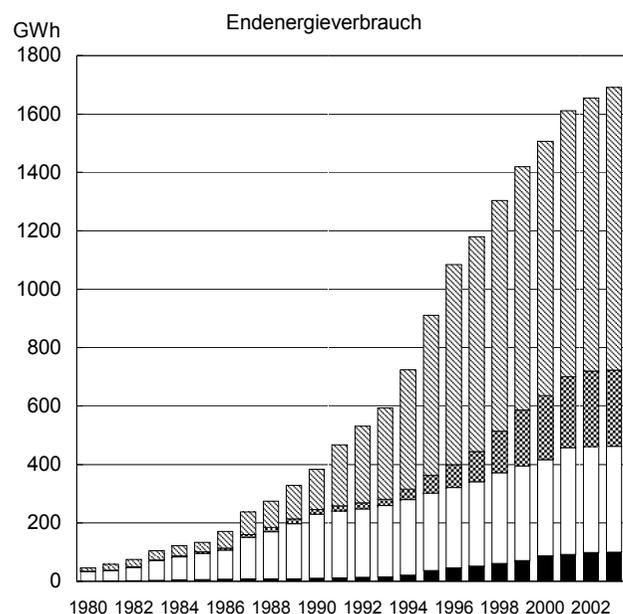


### Endenergieverbrauch nach Energieträgern

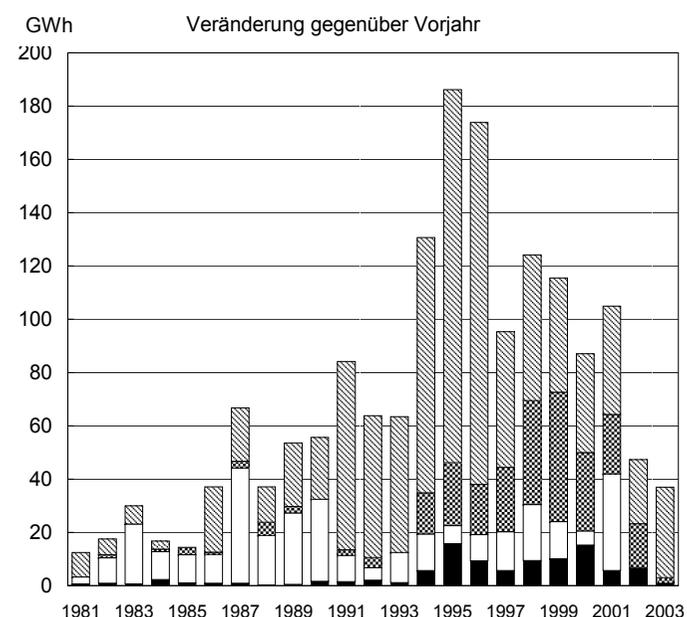
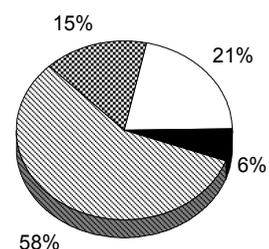
betrachtete Anlagen und Aggregate: sämtliche in der Schweiz betriebene Klein-WKK-Anlagen

Kat. W4 + W5

		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Erdgas	GWh/a	77.67	90.95	114.78	138.02	208.72	261.87	312.87	408.57	548.55	684.42	735.33	790.01	832.93	869.99	910.65	934.71	968.66
Diesel / Heizöl EL	GWh/a	9.21	14.14	16.58	16.00	18.11	22.03	21.15	36.57	60.15	78.98	103.13	142.17	190.75	220.09	242.44	258.84	260.83
Propan	GWh/a	1.65	1.76	1.85	2.01	3.79	6.06	6.69	9.98	14.18	23.92	25.88	30.59	31.84	39.13	39.53	40.00	39.89
Klärgas	GWh/a	142.98	161.62	188.38	219.12	228.93	233.49	244.81	258.50	265.31	275.15	289.67	310.67	324.60	329.99	366.25	361.95	362.04
Deponiegas	GWh/a	2.06	2.07	2.48	2.50	2.12	0.26	0.30	0.00	7.84	1.76	2.59	2.42	2.66	2.54	2.47	1.87	1.70
Biogas	GWh/a	4.24	4.38	4.36	5.82	5.97	7.73	8.17	10.93	14.68	20.33	23.25	28.10	34.65	39.41	45.68	55.86	58.21
Fett/Öl erneuerbar	GWh/a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.04	5.34	4.38	1.18	0.00
andere Energieträger	GWh/a	0.03	0.01	0.03	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>GWh/a</b>	<b>237.84</b>	<b>274.93</b>	<b>328.46</b>	<b>383.53</b>	<b>467.68</b>	<b>531.44</b>	<b>593.99</b>	<b>724.55</b>	<b>910.71</b>	<b>1'084.6</b>	<b>1'179.8</b>	<b>1'304.0</b>	<b>1'419.5</b>	<b>1'506.5</b>	<b>1'611.4</b>	<b>1'654.4</b>	<b>1'691.3</b>
<b>Anteil erneuerbarer Energieträger</b>		<b>63%</b>	<b>61%</b>	<b>59%</b>	<b>59%</b>	<b>51%</b>	<b>45%</b>	<b>43%</b>	<b>37%</b>	<b>32%</b>	<b>27%</b>	<b>27%</b>	<b>26%</b>	<b>26%</b>	<b>25%</b>	<b>26%</b>	<b>25%</b>	<b>25%</b>



Anteile im Jahr 2003



**Anzahl Klein-WKK-Aggregate\* ab 1990**

Anlagekategorie	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>W4 Stromproduz. Klein-WKK-Aggr.</b>	<b>412</b>	<b>805</b>	<b>882</b>	<b>966</b>	<b>1'094</b>	<b>1'169</b>	<b>1'223</b>	<b>1'263</b>	<b>1'308</b>	<b>1'331</b>
W4.ARA.1 Kläranlagen mit BHKW	243	355	372	388	403	411	419	421	424	419
W4.ARA.2 Kläranlagen mit Gasturbinen	5	5	5	5	5	5	2	2	0	0
W4.BIO.1 Biogasanlagen Landwirtschaft	26	29	31	32	33	33	34	38	40	41
W4.BIO.2 Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0	11	13	14	17	24	28	29	26	26
W4.DEP Deponiegas-WKK-Anlagen	2	4	4	4	4	4	4	5	5	5
W4.FOS.1 fossile BHKW	133	400	456	522	631	691	736	765	804	831
Bürogebäude (inkl. Banken)	26	66	74	85	93	95	97	104	108	110
Wärmeverbund (gemischte Nutzung)	9	40	45	57	57	58	64	64	63	61
Schulen, Sportanlagen	17	73	83	91	98	104	106	109	111	110
Wohngebäude	30	64	75	87	104	124	139	148	168	188
Gewerbe und Industrie	17	58	72	90	121	138	145	150	153	147
Spitäler, Heime	13	45	51	53	59	70	77	80	83	85
andere (und unbekannt)	21	54	56	59	99	102	108	110	118	130
W4.FOS.2 fossile Gasturbinen < 1 MWe	3	1	1	1	1	1	0	3	9	9
<b>W5 Nicht stromprod. Klein-WKK-Aggr.</b>	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>62</b>	<b>60</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>58</b>
Bürogebäude (inkl. Banken)	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Wärmeverbund (gemischte Nutzung)	7	4	4	4	4	4	4	2	2	2
Schulen, Sportanlagen	21	19	19	19	19	19	17	17	17	17
Wohngebäude	13	13	11	11	11	9	9	9	9	9
Gewerbe und Industrie	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Spitäler, Heime	4	6	5	5	5	5	5	5	5	5
andere	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14
<b>W4+W5 Total alle Klein-WKK-Aggregate</b>	<b>479</b>	<b>872</b>	<b>946</b>	<b>1'030</b>	<b>1'158</b>	<b>1'231</b>	<b>1'283</b>	<b>1'321</b>	<b>1'366</b>	<b>1'389</b>

\* Eine Klein-WKK-Anlage (=Standort) kann mehrere WKK-Aggregate (=Module) umfassen.

**Installierte elektrische Nennleistungen ab 1990 [MWe]**

Anlagekategorie	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>W4 Stromproduz. Klein-WKK-Aggr.</b>	<b>30.7</b>	<b>75.5</b>	<b>83.3</b>	<b>93.8</b>	<b>105.7</b>	<b>116.2</b>	<b>126.4</b>	<b>131.3</b>	<b>134.8</b>	<b>140.1</b>
W4.ARA.1 Kläranlagen mit BHKW	9.40	13.72	14.49	16.62	18.06	19.31	23.49	23.63	25.02	26.30
W4.ARA.2 Kläranlagen mit Gasturbinen	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	0.90	0.93	0.00	0.00
W4.BIO.1 Biogasanlagen Landwirtschaft	0.38	0.43	0.48	0.50	0.66	0.80	0.86	1.13	1.47	1.66
W4.BIO.2 Biogasanlagen Gewerbe u. Industrie	0.00	1.02	1.27	1.35	2.13	3.89	4.39	5.14	3.97	3.97
W4.DEP Deponiegas-WKK-Anlagen	0.19	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.82	1.82	1.82
W4.FOS.1 fossile BHKW	16.42	55.88	62.65	70.88	80.34	87.76	95.14	98.36	101.6	105.5
Bürogebäude (inkl. Banken)	6.92	13.54	14.61	14.91	15.85	16.06	16.13	16.38	16.69	16.68
Wärmeverbund (gemischte Nutzung)	1.48	9.89	10.67	13.32	13.32	13.64	16.62	16.43	16.16	15.49
Schulen, Sportanlagen	1.37	8.58	9.19	9.88	10.57	11.07	11.58	11.64	11.64	11.84
Wohngebäude	2.54	6.73	7.64	7.96	9.07	10.28	11.06	11.29	11.38	12.64
Gewerbe und Industrie	2.00	7.73	10.07	12.99	17.83	21.06	22.79	24.92	25.60	24.49
Spitäler, Heime	0.81	4.96	5.61	6.53	7.66	8.81	10.01	10.72	10.78	11.11
andere (und unbekannt)	1.31	4.45	4.85	5.28	6.05	6.85	6.95	6.98	9.39	13.21
W4.FOS.2 fossile Gasturbinen < 1 MWe	2.05	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.00	0.30	0.90	0.90

Druckdatum: 29.07.2004

G:\2004\1005\KW-Ausw[Einsge2003.xls]Anhang D.2f Ber5

## Klein-WKK-Anlagen nach Leistungsklassen und Energieträger

berücksichtigte Anlagen: - alle Klein-WKK-Aggregate (W4+W5)  
 - alle am Ende des Jahres 2003 in Betrieb stehenden Aggregate  
 - Auswertung umfasst folgende Kantone: alle

### Anzahl Aggregate nach Leistungsklassen und Hauptenergieträger

Leistungs- klasse der Aggregate	Erdgas	Propan	Diesel, HEL	Klärgas	Deponiegas	Biogas	Rest	Total Aggr.	in %
< 10 kWe	121	11	63	15	0	4	0	<b>214</b>	15.4%
10 - 19 kWe	133	9	1	126	0	14	0	<b>283</b>	20.4%
20 - 49 kWe	53	6	0	85	0	6	1	<b>151</b>	10.9%
50 - 99 kWe	75	11	2	99	0	23	0	<b>210</b>	15.1%
100 - 199 kWe	151	2	12	61	1	12	1	<b>240</b>	17.3%
200 - 349 kWe	40	4	60	11	0	2	0	<b>117</b>	8.4%
350 - 499 kWe	38	1	15	3	3	1	0	<b>61</b>	4.4%
>= 500 kWe	29	0	5	4	0	1	0	<b>39</b>	2.8%
Gebälseantriebe	0	0	0	13	0	0	0	<b>13</b>	0.9%
Wärmepumpen	54	0	6	1	0	0	0	<b>61</b>	4.4%
<b>Total Aggr.</b>	<b>694</b>	<b>44</b>	<b>164</b>	<b>418</b>	<b>4</b>	<b>63</b>	<b>2</b>	<b>1'389</b>	100.0%
in %	50.0%	3.2%	11.8%	30.1%	0.3%	4.5%	0.1%	100.0%	

### Kumulierte elektr. Leistung [kWe] nach Leistungsklassen und Hauptenergietr.

Leistungs- klasse der Aggregate	Erdgas	Propan	Diesel, HEL	Klärgas	Deponiegas	Biogas	Rest	Total el. Leist.	in %
< 10 kWe	598	61	334	82	0	22	0	<b>1'096</b>	0.8%
10 - 19 kWe	1'991	135	18	1'739	0	201	0	<b>4'084</b>	2.9%
20 - 49 kWe	1'754	211	0	2'736	0	182	20	<b>4'902</b>	3.5%
50 - 99 kWe	5'582	860	162	5'953	0	1'675	0	<b>14'232</b>	10.2%
100 - 199 kWe	22'015	293	2'104	8'370	180	1'766	110	<b>34'838</b>	24.9%
200 - 349 kWe	10'532	1'057	12'490	2'720	0	534	0	<b>27'333</b>	19.5%
350 - 499 kWe	15'379	356	6'082	1'325	1'452	495	0	<b>25'089</b>	17.9%
>= 500 kWe	21'044	0	3'540	3'361	0	601	0	<b>28'546</b>	20.4%
Gebälseantriebe	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	0.0%
Wärmepumpen	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	0.0%
<b>Total el. Leist.</b>	<b>78'895</b>	<b>2'972</b>	<b>24'730</b>	<b>26'285</b>	<b>1'632</b>	<b>5'476</b>	<b>130</b>	<b>140'119</b>	100.0%
in %	56.3%	2.1%	17.6%	18.8%	1.2%	3.9%	0.1%	100.0%	

Ausdruck:

02.08.2004 10:36

G:\2004\1005\KW-Ausw\LeistKlass-Energie.xls\Anhang D.2g Ber3

## **E. Spezialauswertungen**

### **E.1 Kehrlichtverbrennungsanlagen**

Hyperlink und Seiten-Nr.:

#### **E.1a Entwicklung der elektrischen Nennleistung nach Betriebsarten**

Anhang E.1a (S. 77)

### **E.2 Deponiegasnutzung**

#### **E.2a Gesamte Deponiegasnutzung in der Schweiz**

Anhang E.2a (S. 78)

Gesamtauswertung der Teilauswertungen in den Anhängen E.2b bis E.2d

#### **E.2b Deponiegasnutzung in Anlagen mit WKK-Gasmotoren**

Anhang E.2b (S. 79)

Gasmotoren, welche einen Gesamtnutzungsgrad (d.h. Jahresnutzungsgrad) über 60 % aufweisen, werden gemäss Definition im Kapitel 2 als Klein-WKK-Anlagen definiert. Die Energiedaten und Leistungen gemäss Anhang E.2b sind Bestandteil der Klein-WKK-Auswertungen dieses Berichtes (Kategorie W4.DEF).

#### **E.2c Deponiegasnutzung in Anlagen mit Gasmotoren, welche einen Jahresnutzungsgrad unter 60 % aufweisen und darum nicht als Klein-WKK-Anlagen bezeichnet werden können**

Anhang E.2c (S. 80)

Gasmotoren, welche einen Gesamtnutzungsgrad (d.h. Jahresnutzungsgrad) unter 60 % aufweisen, werden gemäss Definition im Kapitel 2 nicht als Klein-WKK-Anlagen definiert. Die Angaben gemäss Anhang E.2c (= Kategorie T3) fehlen aus diesem Grund in den WKK-Auswertungen des vorliegenden Berichtes.

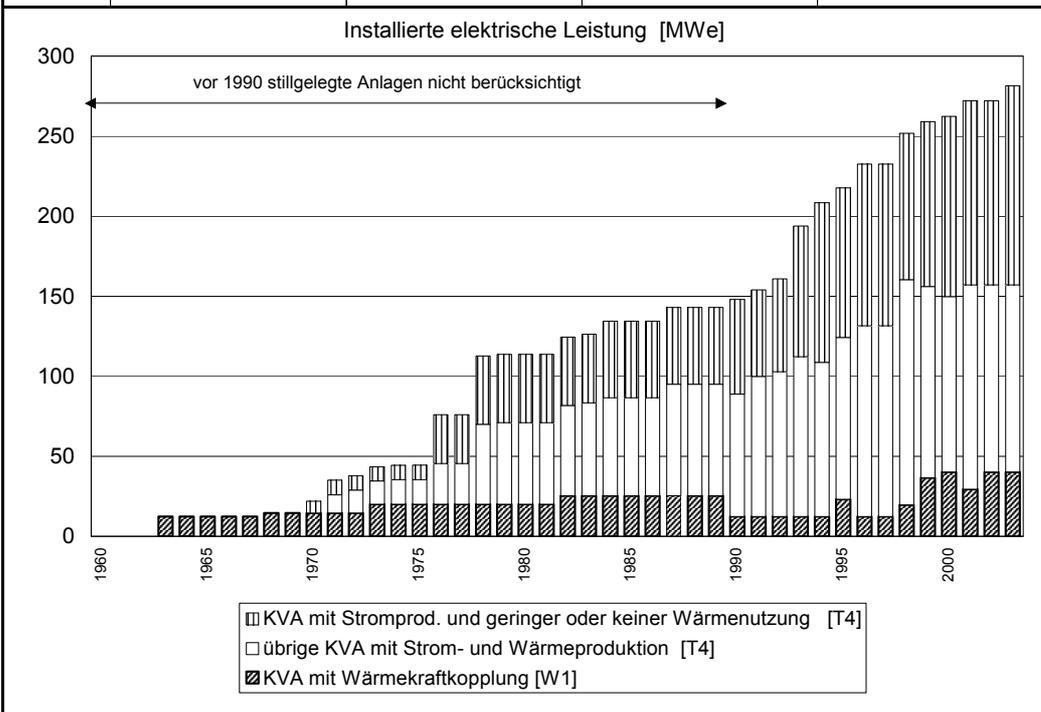
#### **E.2d Deponiegasnutzung ausschliesslich mit Heizkesseln**

Anhang E.2d (S. 81)

Deponiegas, welches in Anlagen ohne Gasmotoren (d.h. ausschliesslich mit Heizkesseln) genutzt wird, ist in Anhang E.2d erfasst.

**Installierte elektr. Nennleistungen nach Betriebsarten [MWe]**berücksichtigte Anlagen: **alle Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)**

Jahr	KVA mit Wärmekraftkopplung [W1]	übrige KVA mit Strom- und Wärmeproduktion [T4]	KVA mit Stromprod. und geringer oder keiner Wärmenutzung [T4]	TOTAL [W1] + [T4]
1970	14.50	0.00	7.54	22.04
1971	14.50	11.55	8.99	35.04
1972	14.50	14.45	8.99	37.94
1973	20.10	14.45	8.99	43.54
1974	20.10	15.25	8.99	44.34
1975	20.10	15.41	8.99	44.50
1976	20.10	25.41	30.41	75.92
1977	20.10	25.41	30.41	75.92
1978	20.10	49.91	42.81	112.82
1979	20.10	50.91	42.81	113.82
1980	20.10	50.91	42.81	113.82
1981	20.10	50.91	42.81	113.82
1982	25.30	56.41	42.81	124.52
1983	25.30	58.21	42.81	126.32
1984	25.30	61.26	47.91	134.47
1985	25.30	61.26	47.91	134.47
1986	25.30	61.26	47.91	134.47
1987	25.30	69.76	47.91	142.97
1988	25.30	69.76	47.91	142.97
1989	25.30	69.76	47.91	142.97
1990	12.40	76.56	59.01	147.97
1991	12.40	87.61	54.01	154.02
1992	12.40	90.46	58.06	160.92
1993	12.40	99.91	81.56	193.87
1994	12.40	96.37	99.61	208.38
1995	23.20	101.17	93.31	217.68
1996	12.40	119.22	101.01	232.63
1997	12.40	119.22	101.01	232.63
1998	19.65	140.77	91.41	251.83
1999	36.65	119.47	103.01	259.13
2000	40.20	109.61	112.61	262.42
2001	29.40	127.80	115.06	272.26
2002	40.20	117.00	115.06	272.26
2003	40.20	117.00	124.36	281.56

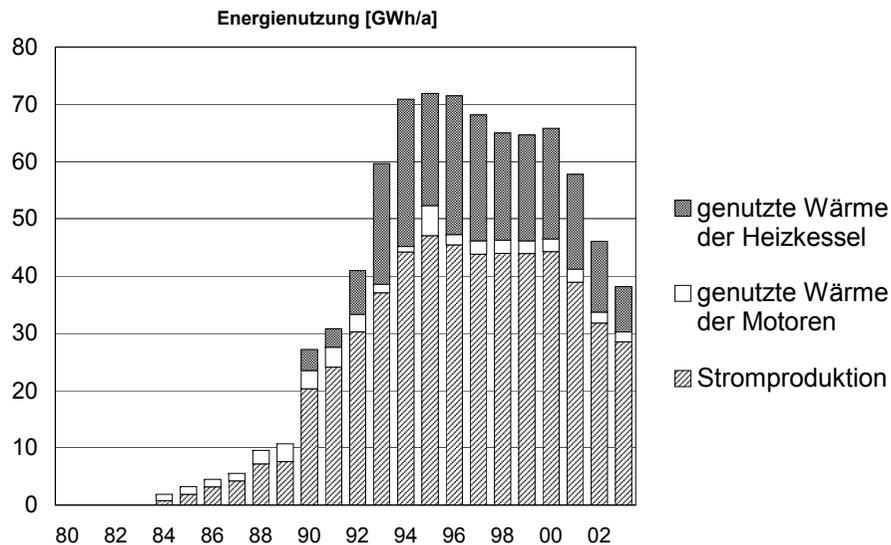
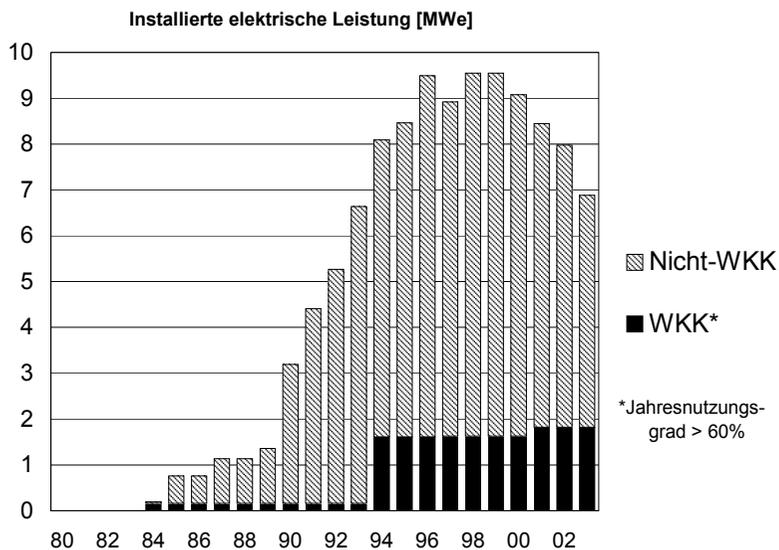


### Deponiegasnutzung mit Gasmotoren und Heizkesseln (Gesamtauswertung)

betrachtete Anlagen: sämtliche in der Schweiz mit Deponiegas betriebenen Motoren und Heizkessel

		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Anzahl Anlagen	-	3	3	4	4	7	9	11	11	11	12	12	12	13	13	13	11	11	11	
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-	5	6	6	7	10	13	15	17	20	20	22	21	22	22	21	20	19	17	
Install. Energieinputleistung der Motoren	MW	2.55	3.73	3.73	4.45	10.07	14.11	16.86	20.89	25.16	26.29	29.23	27.30	29.01	29.01	27.58	25.38	23.95	20.49	
Install. elektrische Leistung der Motoren	MW	0.75	1.13	1.13	1.35	3.19	4.41	5.27	6.64	8.09	8.47	9.50	8.93	9.55	9.55	9.08	8.45	7.98	6.88	
<b>Deponiegasverbrauch Gasmotoren</b>	GWh/a	10.46	13.86	23.64	24.89	63.93	76.15	97.44	118.83	141.55	147.43	141.36	135.49	137.50	138.50	136.05	121.20	99.53	98.55	
<b>Stromproduktion Gasmotoren**</b>	GWh/a	3.18	4.20	7.18	7.61	20.31	24.08	30.25	37.10	44.20	47.03	45.44	43.83	43.97	43.92	44.25	38.89	31.79	28.51	
mit Motoren prod. Wärmeenergie	GWh/a	2.57	3.05	6.29	7.07	9.61	9.50	11.40	8.88	9.06	13.61	10.64	9.74	9.54	8.53	11.91	11.03	9.52	7.33	
<b>genutzte Wärmeenergie der Motoren</b>	GWh/a	1.35	1.36	2.36	3.11	3.20	3.49	3.06	1.45	0.96	5.27	1.78	2.33	2.30	2.24	2.23	2.28	1.92	1.74	
<b>Deponiegasverbrauch Heizkessel*</b>	GWh/a	fehlende Angaben					4.44	3.82	9.13	26.57	35.71	23.10	28.42	25.83	21.19	21.14	23.25	18.14	14.04	9.20
<b>prod./genutzte Wärme der Kessel*</b>	GWh/a	fehlende Angaben					3.67	3.19	7.65	21.05	25.71	19.57	24.26	21.95	18.73	18.47	19.27	16.55	12.32	7.94

\* mit Deponiegas betriebene Heizkessel



27.7.04

G:\2004\1005\KW-Ausw\DEP1982-2003.XLS\Anhang E.2a Ber1

**Deponiegasnutzung mit Gasmotoren (WKK)**

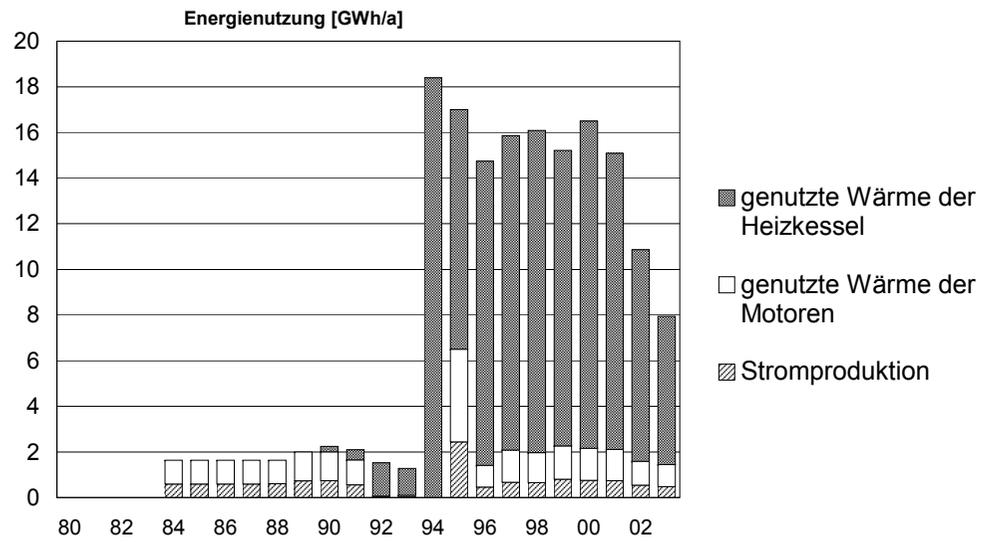
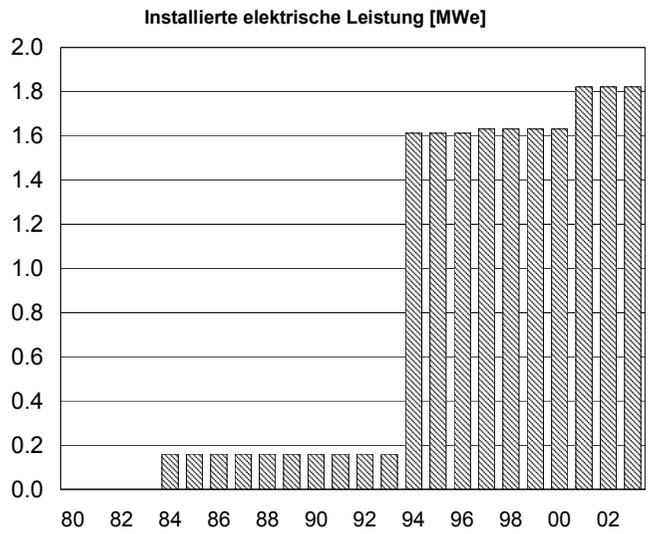
Kat. W4.DEP

betrachtete Anlagen: sämtliche in der Schweiz betriebenen Deponiegasmotoren mit einem Jahresnutzungsgrad\* über 60%

\* Jahresnutzungsgrad = (genutzte Wärmeenergie + Stromproduktion) / Deponiegasverbrauch

		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Anzahl Anlagen	-	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	
Install. Energieinputleistung der Motoren	MW	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	4.84	4.84	4.84	4.86	4.86	4.86	4.86	5.38	5.38	5.38	
Install. elektrische Leistung der Motoren	MW	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	1.61	1.61	1.61	1.63	1.63	1.63	1.63	1.82	1.82	1.82	
Deponiegasverbrauch Gasmotoren	GWh/a	1.88	1.88	1.88	2.30	2.31	1.93	0.08	0.12	0.00	7.84	1.76	2.59	2.42	2.66	2.54	2.47	1.87	1.70	
Stromproduktion Gasmotoren***	GWh/a	0.60	0.60	0.60	0.74	0.74	0.55	0.02	0.02	0.00	2.44	0.45	0.66	0.65	0.80	0.75	0.74	0.55	0.49	
mit Motoren prod. Wärmeenergie	GWh/a	1.03	1.03	1.04	1.26	1.27	1.09	0.05	0.08	0.00	4.17	0.96	1.41	1.32	1.46	1.41	1.36	1.04	0.96	
genutzte Wärmeenergie der Motoren	GWh/a	1.03	1.03	1.04	1.26	1.27	1.09	0.05	0.08	0.00	4.07	0.96	1.41	1.32	1.46	1.41	1.36	1.04	0.96	
Deponiegasverbrauch Heizkessel**	GWh/a	fehlende Angaben					0.27	0.53	1.71	1.38	26.69	11.83	14.90	15.14	15.56	14.53	17.27	13.87	10.39	7.44
prod./genutzte Wärme der Kessel**	GWh/a	fehlende Angaben					0.23	0.45	1.45	1.17	18.40	10.50	13.32	13.78	14.11	12.95	14.34	12.99	9.27	6.49

\*\* mit Deponiegas betriebene Heizkessel in der gleichen Heiz \*\*\* nur mit Deponiegas erzeugter Strom (allfällige Stromproduktion mit Erdgas in gleichen Anlagen nicht enthalten)



**Deponiegasnutzung mit Gasmotoren (ohne WKK)**

Kat. T3

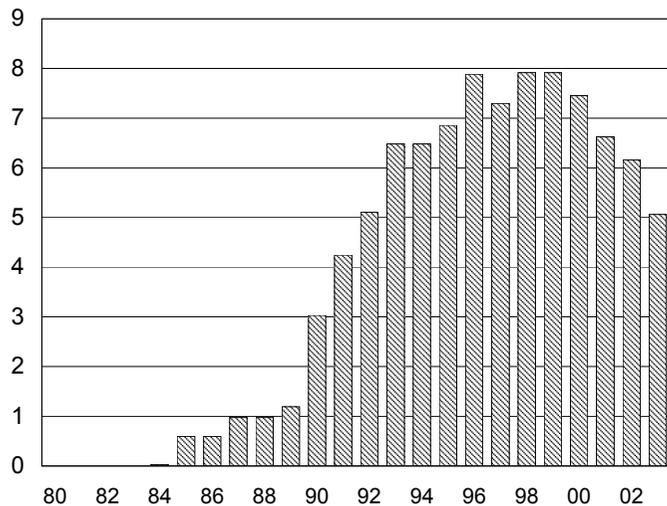
betrachtete Anlagen: sämtliche in der Schweiz betriebenen Deponiegasmotoren mit einem Jahresnutzungsgrad\* bis 60%

\* Jahresnutzungsgrad = (genutzte Wärmeenergie + Stromproduktion) / Deponiegasverbrauch

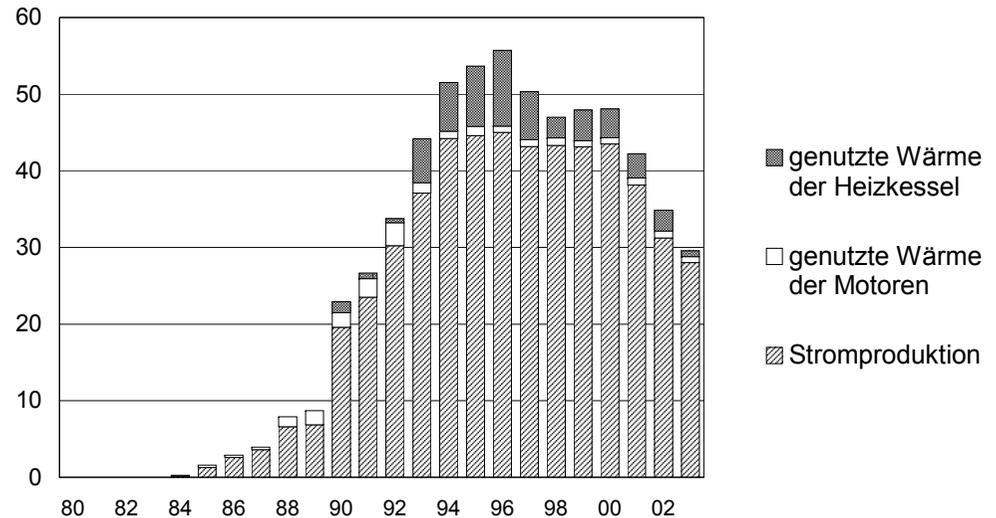
		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Anzahl Anlagen	-	2	2	3	3	4	6	7	8	7	8	8	8	9	9	9	7	7	7
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-	4	5	5	6	9	12	14	16	16	16	18	17	18	18	17	15	14	12
Install. Energieinputleistung der Motoren	MW	1.97	3.15	3.15	3.87	9.49	13.53	16.28	20.31	20.32	21.45	24.39	22.44	24.15	24.15	22.72	20.01	18.58	15.12
Install. elektrische Leistung der Motoren	MW	0.59	0.97	0.97	1.19	3.03	4.25	5.11	6.48	6.48	6.85	7.88	7.29	7.91	7.91	7.45	6.62	6.16	5.06
<b>Deponiegasverbrauch Gasmotoren</b>	GWh/a	8.58	11.99	21.75	22.60	61.62	74.21	97.36	118.71	141.55	139.59	139.59	132.89	135.08	135.83	133.51	118.73	97.66	96.85
<b>Stromproduktion Gasmotoren</b>	GWh/a	2.58	3.60	6.58	6.87	19.57	23.53	30.23	37.08	44.20	44.60	44.99	43.17	43.32	43.13	43.50	38.15	31.24	28.02
mit Motoren prod. Wärmeenergie	GWh/a	1.54	2.02	5.25	5.81	8.34	8.41	11.35	8.80	9.06	9.44	9.68	8.33	8.22	7.07	10.50	9.67	8.49	6.37
<b>genutzte Wärmeenergie der Motoren</b>	GWh/a	0.31	0.32	1.32	1.84	1.92	2.40	3.01	1.38	0.96	1.20	0.82	0.91	0.98	0.77	0.82	0.92	0.88	0.77
<b>Deponiegasverbrauch Heizkessel**</b>	GWh/a	fehlende Angaben				1.79	0.90	0.64	7.01	7.80	9.78	12.22	8.30	3.23	4.89	4.52	3.73	3.23	0.87
<b>prod./genutzte Wärme der Kessel**</b>	GWh/a	fehlende Angaben				1.43	0.72	0.51	5.71	6.35	7.88	9.89	6.26	2.71	4.03	3.77	3.14	2.72	0.74

\*\* mit Deponiegas betriebene Heizkessel in der gleichen Heizzentrale

Installierte elektrische Leistung [MWe]



Energienutzung [GWh/a]

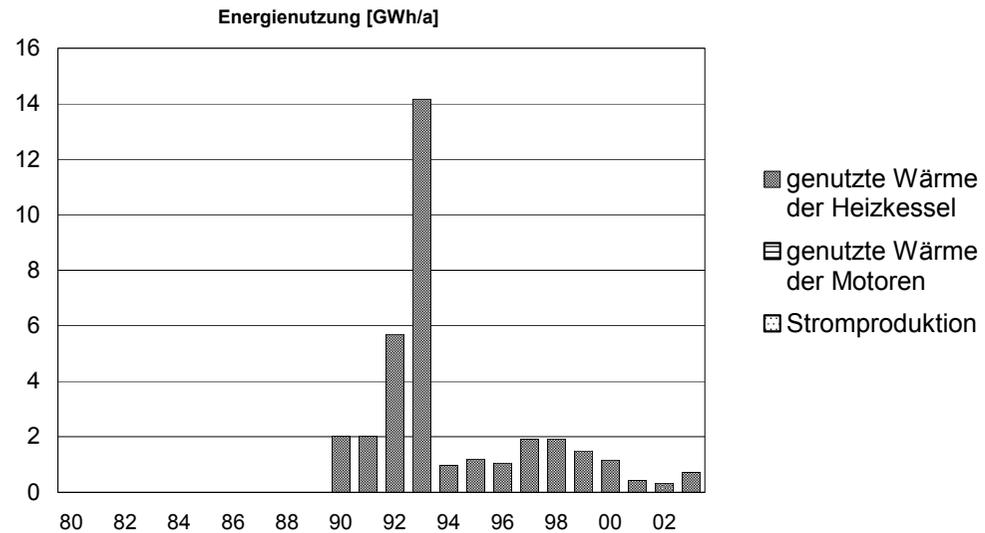


### Deponiegasnutzung ausschliesslich mit Heizkesseln

betrachtete Anlagen: sämtliche in der Schweiz betriebenen Deponiegas-Feuerungen (Anlagen ausschliesslich mit Heizkesseln)

		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Anzahl Anlagen	-	fehlende Angaben				2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Anzahl Gasmotoren (WKK-Aggregate)	-					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Install. Energieinputleistung der Motoren	MW																			
Install. elektrische Leistung der Motoren	MW																			
Deponiegasverbrauch Gasmotoren	GWh/a																			
Stromproduktion Gasmotoren	GWh/a																			
mit Motoren prod. Wärmeenergie	GWh/a																			
genutzte Wärmeenergie der Motoren	GWh/a																			
<b>Deponiegasverbrauch Heizkessel*</b>	GWh/a	fehlende Angaben				2.39	2.39	6.79	18.19	1.21	1.49	1.31	2.39	2.40	1.72	1.46	0.54	0.42	0.89	
<b>prod./genutzte Wärme der Kessel*</b>	GWh/a	fehlende Angaben				2.01	2.01	5.69	14.17	0.97	1.19	1.05	1.91	1.92	1.49	1.16	0.43	0.33	0.71	

\* mit Deponiegas betriebene Heizkessel in der gleichen Heizzentrale





## F. Erläuterungen zur Statistik

Bis zur vorliegenden Ausgabe wurden im Auftrag des Bundesamtes für Energie durch die Dr.EICHER+PAULI AG im Wesentlichen folgende Berichte über WKK-Anlagen und die thermische Stromproduktion in der Schweiz veröffentlicht:

- Für die Jahre 1992 bis 1996 wurde jährlich eine eigenständige Statistik über die Klein-WKK-Anlagen publiziert.
- Ab dem Auswertungsjahr 1997 wurde jährlich eine Statistik über die gesamte thermische Stromproduktion veröffentlicht [Thermisch].

Zusammenfassungen dieser Resultate wurden in den vergangenen Jahren auch in der schweizerischen Elektrizitäts- und in der Gesamtenergiestatistik präsentiert. Andererseits wurden die Angaben über thermische Stromerzeuger, welche erneuerbare Energien verwenden, in der schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien [SdEE] verwendet.

In den Kapiteln F.1 und F.2 finden sich nähere Angaben zu früheren Ausgaben, zu den vorhandenen Daten, zu den durchgeführten Erhebungen und zur Energiedatenfortschreibung der Klein- und Gross-WKK-Statistik.

## F.1 Gross-WKK-Statistik

### F.1.1 Frühere Ausgaben und Erhebungen

Im Jahre 2003 wurden mittels Vollerhebung die Stammdaten aller Gross-WKK-Anlagen aktualisiert, neue Anlagen sowie die Jahresdaten des Betriebsjahres 2003 erfasst. Im Vergleich zu den bisherigen Resultaten ergaben sich nur geringe Unterschiede (einzelne Korrekturen von Vorjahreswerten).

### F.1.2 Vorliegende Gross-WKK-Daten

<b>Datenbank:</b>	Die Daten zu den Gross-WKK-Anlagen werden in einer Access-Datenbank verwaltet (Access-Vers. 2000).
<b>erfasste Daten:</b> (Kat. W1, W2, W3)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Adresse und Bezeichnung der Anlage</li><li>• Adresse des Anlagebetreibers</li><li>• Stammdaten zu den Gross-WKK-Aggregaten (Inbetriebnahmedatum, Hersteller, Typ, elektrische Leistung, Energieträger)</li><li>• Endenergieverbrauch seit 1990 (bei einigen Anlagen konnte nur der Energieträgersplit erhoben werden)</li><li>• Stromproduktion und Verkauf ans EW (Jahre 1990 bis 2003)</li></ul>
<b>zusätzliche Daten:</b> (Kat. T4)	In der gleichen Access-Datenbank werden auch die Stamm- und Energiedaten sämtlicher KVA erfasst (d.h. nicht nur Kat. W1 sondern auch Kat. T4). Zusätzlich zu obigen Daten sind zu den KVA auch die produzierten und verkauften Wärmemengen erfasst.

## F.2 Klein-WKK-Statistik

### F.2.1 Frühere Ausgaben und Erhebungen

Seit 1992 wurde jährlich eine Statistik über die Klein-WKK-Anlagen publiziert. Die Klein-WKK-Statistik hat in den vergangenen Jahren einige Änderungen erfahren (methodische Änderungen, Korrektur von Fehlern). Aus diesem Grund stimmen einzelne Angaben früherer Statistik-Ausgaben nicht mehr mit der jeweils neusten Publikation überein.

Nachstehend sind die wichtigsten Änderungen der Klein-WKK-Statistik aufgelistet:

- In der ersten 1992 erschienenen Ausgabe waren Kleinst-Anlagen bis 100 kW Inputleistung nicht berücksichtigt.
- Bis zur Statistik 1994 wurden die Stammdaten der neuen Klein-WKK-Anlagen bei den Anlagebetreibern eingeholt. Seither basieren die Angaben zu den neuen Klein-WKK-Anlagen in der Regel weitgehend auf Angaben der Lieferanten.
- Die Energiedaten bis und mit Betriebsjahr 1993 basieren grösstenteils auf Betreiberangaben (Quasi-Vollerhebung). Ab 1994 wurden die Energiedaten entsprechend der Leistungsentwicklung und mit den aus den Betriebsjahren 92/93 abgeleiteten Vollbetriebsstunden fortgeschrieben. Nur bei einigen speziellen Kategorien (siehe Anhang D.1c) wurden die jährlichen Energiedaten weiterhin einzelanlagenweise erhoben. Das Fortschreibungsmodell der Kategorien W5, W4.ARA.1a und W4.FOS.1a ist im Anhang F.2.3 ausführlich beschrieben.

Aufgrund der anfangs 1998 durchgeführten Stichprobenerhebung wurde festgestellt, dass die Vollbetriebsstunden der fossilen BHKW (Kat. W4.FOS.1a) im Zeitraum 1993 bis 1996 um beachtliche 35 % zugenommen haben (siehe Tabelle F.2d). Bei der Energiedaten-Fortschreibung mussten aus diesem Grund bei den fossilen BHKW (Kat. W4.FOS.1) rückwirkende Korrekturen vorgenommen werden.

- In der Statistik 1996 wurde erstmals die in der Einleitung beschriebene WKK-Definition angewandt. Dies hatte zur Folge, dass die meisten mit Deponiegas betriebenen Anlagen nicht mehr als Klein-WKK-Anlagen betrachtet wurden. Dies entsprach einer (rückwirkenden) "Umbuchung" des grössten Teils von Kategorie W4.DEP in Kategorie T3.
- Im Jahre 1999 wurde eine neue Access-Datenbank für die Klein-WKK-Anlagen geschaffen. Diese ermöglichte eine wesentliche Vereinfachung der Datenerfassung, -pflege und -auswertung. Seit Beginn der Klein-WKK-Erhebungen anfangs der neunziger Jahre wurden die Daten mittels einer dreiteiligen Omnis-Datenbank-Applikation sowie einer Excel-Tabelle mit Kleinst-Anlagen verwaltet. Die seinerzeit erste Windows-konforme Datenbank Omnis ist aus heutiger Sicht zu komplex und zu unflexibel für eine bedienerfreundliche Datenbank. Aus diesem Grund wurden die Daten in eine Access-Datenbank portiert. Dies ermöglicht nun wesentlich einfachere Auswertungen, Eingaben usw.

- Basierend auf einer Erhebung wichtiger Stamm- und Betriebsdaten zu den kommunalen Abwasserreinigungsanlagen konnten als Grundlage für die Ausgabe 2002 die erfassten WKK-Anlagen in ARA überprüft und soweit nötig bereinigt werden. Weiter konnten auch Vollbetriebsstunden des Betriebsjahres 2001 für die Kategorie W4.ARA.1a ermittelt werden. Durch lineare Interpolation mussten auch die Vorjahreswerte ab 1994 korrigiert werden (siehe Tabelle F.2e). Wegen den vorgenommenen Bestandeskorrekturen sowie der Aktualisierung der Vollbetriebsstundenwerte ändern die Zahlen der Kat. W4.ARA.1a ab 1994.

## F.2.2 Vorliegende Klein-WKK-Daten

<b>Datenbank:</b> (Kat. W4, W5, T3)	Die Daten zu den Klein-WKK-Anlagen werden seit März 1999 in einer Access-Datenbank verwaltet (Access-Vers. 2000).
<b>erfasste Daten:</b> (Kat. W4 und W5) <p>* Bei Anlagen, deren Angaben ausschliesslich vom Lieferanten stammen (d.h. sogenannte minimal erfasste Anlagen) ist die Datenqualität z.T. nicht optimal (z.B. unvollständige Adressen)</p> <p>** Energiedaten bis 1993 ziemlich vollständig; ab 1994 nur noch bei Anlagen mit jährlicher Erhebung (siehe Kap. F.2.3) oder bei Teilnahme an der Stichprobenerhebung 2003)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adresse und Bezeichnung der Anlage*</li> <li>• Adresse des Anlagebetreibers*</li> <li>• Art und Beschreibung der mit Wärme versorgten Gebäude*</li> <li>• Folgende Stammdaten zu den Klein-WKK-Aggregaten: Inbetriebnahme- und evtl. Stilllegedatum, Hersteller, Typ, Nennleistungen (Input, elektrisch, thermisch), Energieträger, Schadstoffreduktionsmassnahme</li> <li>• Endenergieverbrauch der Klein-WKK-Anlagen**</li> <li>• Stromproduktion und Verkauf ans EW**</li> <li>• Wärmeproduktion und -nutzung**</li> <li>• Betriebsstunden und Startimpulse der einzelnen Aggregate**</li> </ul>
<b>zusätzliche Daten:</b> (Kat. T3)	In der Access-Datenbank der Klein-WKK-Anlagen werden auch die Stamm- und Energiedaten sämtlicher Deponiegasverstromungsanlagen erfasst (Kat. T3). Die Energiedaten der Deponiegasmotoren und allfälliger Heizkessel mit Deponiegasnutzung werden jährlich erhoben.
<b>Unsicherheiten:</b>	<p>Die aktuelle Klein-WKK-Statistik weist folgende Unsicherheiten auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allfällige ersatzlose Stilllegungen von Anlagen werden nur z.T. in Erfahrung gebracht. Insbesondere bei den Gas- und Dieselmotor-Wärmepumpen (Kat. W5) und auch älteren fossilen BHKW dürften diese Fälle zunehmen. Im Jahre 2005 wird eine Umfrage durchgeführt, um allfällige Stilllegungen älterer Anlagen erfassen zu können.</li> <li>• Die aus den Jahren 1996/97 stammenden Vollbetriebsstundenzahlen bei fossilen BHKW (Kat. W4.FOS.1a) sollten aktualisiert werden.</li> </ul>

### F.2.3 Fortschreibung der Energiedaten

Aus Kostengründen können nur alle rund 5 Jahre Energiedaten bei den Betreibern von bestehenden Anlagen erhoben werden. Aus diesem Grund wurde ein geeignetes **Modell für die Fortschreibung** entwickelt.

In einem ersten Schritt wurde der Anlagebestand in möglichst homogene Gruppen aufgeteilt. Insgesamt wurden zehn Anlagearten unterschieden. Dazu wurde der **Typ 3 der Jahresstatistik** definiert (siehe Bild F.2a und Anhang D.1b). Darin sind die statistischen Angaben zu den zehn Anlagearten spaltenweise aufgeführt. Die Spalten werden mit den Buchstaben A bis K bezeichnet (siehe Bild F.2a und zugehörige Definitionen in Tabelle F.2b).

Bei den Anlagearten in den Spalten A, C und E werden die Energiedaten jeweils mit dem in Bild F.2c beschriebenen Berechnungsmodell ermittelt. Dieses einfache Modell zur Fortschreibung der Energiedaten ergibt genügend genaue Resultate. Die grösste Ungenauigkeit dürfte beim Split des gesamten Endenergieverbrauchs auf die verschiedenen Energieträger auftreten. Dieser Split wurde bei den Anlagearten A, B und C vereinfachend dem Split des Jahres 1993 gleichgesetzt. Bei den mit fossilen Energieträgern betriebenen BHKW (= Anlageart E) wurde der mit dem Berechnungsmodell ermittelte Endenergieverbrauch entsprechend dem Verhältnis der installierten Inputleistungen auf die Energieträger Erdgas, Diesel und Propan aufgeteilt.

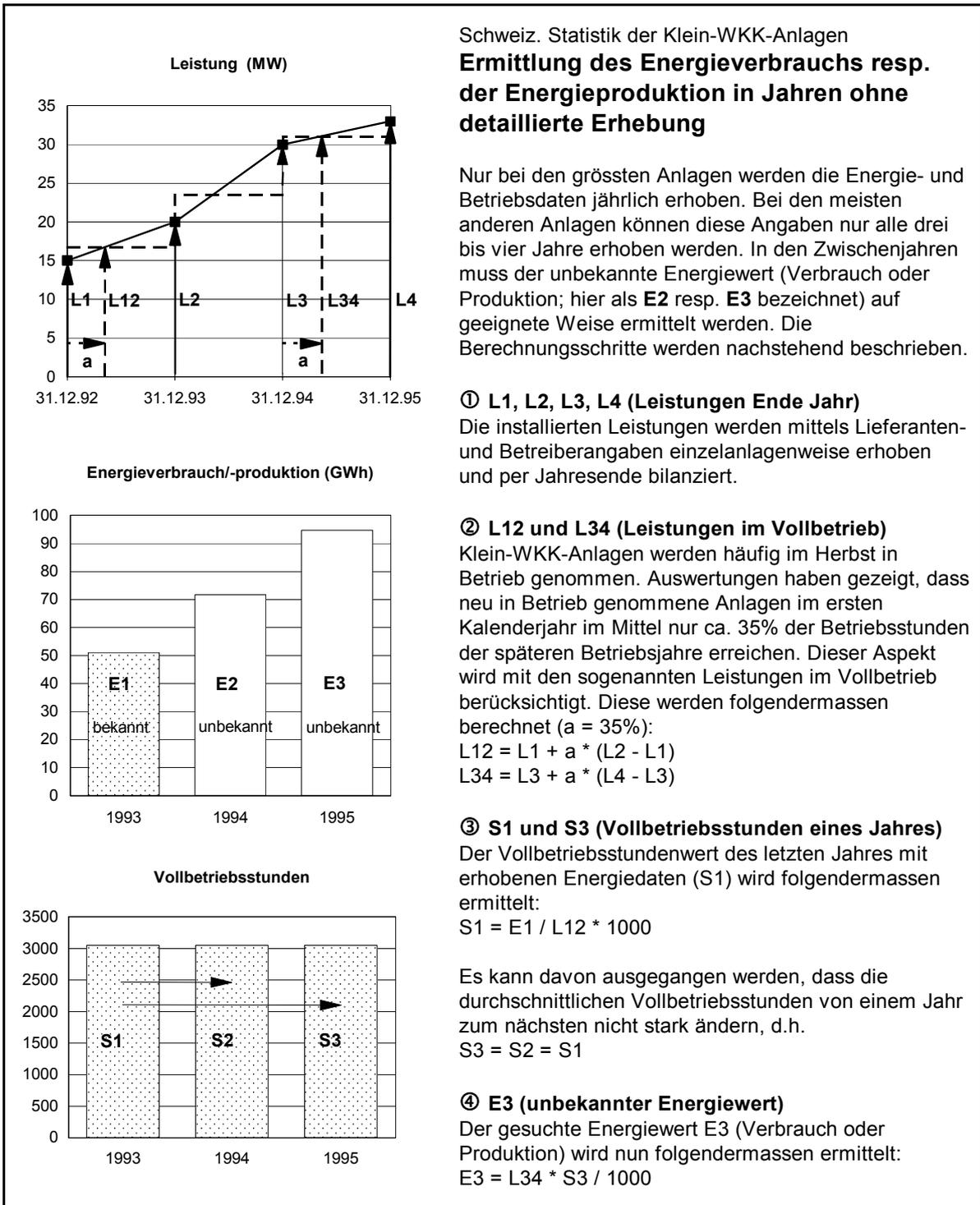
Die für das Fortschreibungsmodell verwendeten Parameter wie Vollbetriebsstunden und Energieträgersplit sind im Anhang D.1c sowie in den Tabellen F.2d und F.2e dargestellt.

Jahresstatistik		2002										
Typ 3 der Klein-WKK-Jahresstatistik	TOTAL (alle Anlagen)	Anlagearten (Typ 3) der Klein-WKK-Statistik 3)										
		fossile WP	Biogas LW	ARA o. GT	Deponieg.	foss. BHKW	Rest foss.	Biog. Gew/In	ARA nur GT	fossile GT	Rest(ARA)	
Anlagekategorie 4) ->		W5	W4.BIO.1	W4.ARA.1a	W4.DEP	W4.FOS.1a	W4.FOS.1b	W4.BIO.2	W4.ARA.2	W4.FOS.2	W4.ARA.1b	
WKK-Anlagen in Betrieb (Jahresende)		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	
Anzahl WKK-Anlagen 1)	-	1031	52	34	287	2	620	7	19		7	3
Anzahl WKK-Aggregate	-	1379	58	40	422	5	802	10	30		9	3
Installierte Leistungen												
- Anschlussleistung	MW	426.76	14.00	4.85	83.01	5.38	295.68	4.39	14.95		3.00	1.50
- elektrische Leistung	MW	138.09		1.47	25.00	1.82	102.29	0.95	5.17		0.90	0.48
- mechanische Leistung 2)	MW	1.17			1.17							
- Heizleistung	MW	248.03	22.39	2.53	45.63	3.00	159.72	4.72	7.72		1.50	0.82
<b>Jahresenergieverbrauch/ -produktion</b>												
Endenergieverbrauch Total	GWh	1661.99	26.66	15.49	344.58	24.43	1157.66	20.55	41.55	14.61	8.60	7.86
- Erdgas	GWh	938.63	22.82		1.49	22.22	862.95	20.55			8.60	
- Diesel / Heizöl EL	GWh	260.00	3.85		0.50		255.65			0.00		
- Propan	GWh	40.19			0.78	0.35	39.06					
- Klärgas	GWh	364.27			341.80					14.60		7.86
- Deponiegas	GWh	1.87				1.87						
- Biogas	GWh	55.86		15.49					40.37			
- Fett/Öl erneuerbar	GWh	1.18							1.18			
- andere Energieträger	GWh											
produzierte Elektrizität	GWh	526.53		4.49	95.75	7.81	393.85	5.44	11.15	3.07	2.50	2.48
genutzte mechanische Energie 2)	GWh	5.56			5.56							
produzierte Wärmeenergie	GWh	892.21	37.61	8.02	176.42	13.28	604.42	16.17	20.24	7.84	4.13	4.08
genutzte Wärmeenergie	GWh	840.79	37.13	7.25	150.49	13.28	593.45	15.42	10.10	5.56	4.13	3.97

Bild F.2a Typ 3 der Klein-WKK-Jahresstatistik (Beispiel, aktuelle Auswertung siehe Anhang D.1b)

<b>10 Anlagearten gemäss Typ 3 der Klein-WKK-Statistik</b>				
Spalte (Typ 3)	Kategorie	Kurzbezeichnung	Art der betroffenen Klein-WKK-Anlagen	Herkunft der Energiedaten ab 1994
A	<b>W5</b>	<b>Fossile WP</b>	Mit fossilen Energieträgern betriebene Wärmepumpen	Fortschreibung gemäss Bild F.2c
B	<b>W4.BIO.1</b>	<b>Biogas LW</b>	Mit Biogas betriebene Klein-WKK-Anlagen in Landwirtschaftsbetrieben	Energiedaten gemäss schweizerischer Biogas-Statistik (summarisch erfasst)
C	<b>W4.ARA.1a</b>	<b>ARA o. GT</b>	Mit Klärgas betriebene Anlagen (ohne die Anl. der Spalten H und K)	Fortschreibung gemäss Bild F.2c mit den Vollbetriebsstunden gemäss Tab. F.2e
D	<b>W4.DEP</b>	<b>Deponiegas</b>	Mit Deponiegas betriebene Anlagen	jährliche Erhebung
E	<b>W4.FOS.1a</b>	<b>Foss. BHKW</b>	Mit fossilen Energieträgern betriebene Blockheizkraftwerke (BHKW)	Fortschreibung gemäss Bild F.2c (Aktualisierung der Vollbetriebsstunden im Rahmen der Stichprobenerhebung 2003; siehe Kapitel 6.5.1 und Tabelle F.2d)
F	<b>W4.FOS.1b</b>	<b>Rest foss.</b>	Spezielle mit fossilen Energieträgern betriebene Klein-WKK-Anlagen (TEA's, Anlagen mit GMWP und BHKW sowie Brennstoffzellen)	jährliche Erhebung oder Schätzung
G	<b>W4.BIO.2</b>	<b>Biog. Gew/In</b>	Mit Biogas betriebene Gasmotoren in Gewerbe und Industrie (Biogas aus der Vergärung von Grünabfällen und industriellen Abwässern) sowie Einzelanlage mit Tierfett-Antrieb	Energiedaten gemäss schweizerischer Biogas-Statistik (Energiedaten jeder Anlage einzeln erfasst)
H	<b>W4.ARA.2</b>	<b>ARA nur GT</b>	Gasturbinen in Kläranlagen (Stilllegung der letzten Anlage im Jahre 2003)	jährliche Erhebung
I	<b>W4.FOS.2</b>	<b>Fossile GT</b>	Mit fossilen Energieträgern betriebene Gasturbinen bis 1 MWe	jährliche Erhebung
K	<b>W4.ARA.1b</b>	<b>Rest (ARA)</b>	Spezielle mit Klärgas betriebene Klein-WKK-Anlagen (TEA und Anlagen mit GMWP und BHKW) sowie Klärgasbetriebene Anlagen ausserhalb von kommunalen ARA	jährliche Erhebung oder Schätzung

**Tabelle F.2b** Definition der zehn Anlagearten A bis K gemäss Typ 3 der Klein-WKK-Jahresstatistik



**Bild F.2c Fortschreibung der Energiedaten in Jahren ohne detaillierte Erhebung (Berechnung der gesuchten Energiemenge E3 aus den bekannten Werten E1 sowie L1 bis L4)**

## A. Herleitung des Energieträgersplits der Kategorie W4.FOS.1a (fossile BHKW)

Co.	Hauptenergieträger	Einh.	Inputleistung per Jahresende (Kat. W4.FOS.1a)									
			1992	1993	1994	1995	1996	2000	2001	2002	2003	
1	Erdgas	MW	70.4	90.5	119.1	146.2	159.5	206.4	210.1	219.1	223.1	
2	Propan	MW	2.5	2.5	3.4	5.5	6.0	9.5	9.5	9.5	9.6	
6	Diesel, Heizöl	MW	7.5	8.4	13.8	17.6	23.3	58.4	62.2	63.3	61.0	
	Total		80.5	101.4	136.3	169.3	188.8	274.3	281.8	292.0	293.7	

Co.	Hauptenergieträger	Energieträgersplit per Ende Jahr (Kat. W4.FOS.1a)									
		1992	1993	1994	1995	1996	2000	2001	2002	2003	
1	Erdgas	87.5%	89.2%	87.4%	86.4%	84.5%	75.3%	74.5%	75.0%	76.0%	
2	Propan	3.1%	2.5%	2.5%	3.3%	3.2%	3.5%	3.4%	3.3%	3.3%	
6	Diesel, Heizöl	9.3%	8.3%	10.1%	10.4%	12.4%	21.3%	22.1%	21.7%	20.8%	
	Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	

Co.	Hauptenergieträger	Energieträgersplit für die Aufteilung des Energieverbrauchs									
		Erhebung		gemäss Split per Ende des Vorjahres							
		1992	1993	1994	1995	1996	2000	2001	2002	2003	
1	Erdgas	89.9%	91.6%	89.2%	87.4%	86.4%	76.1%	75.3%	74.5%	75.0%	
2	Propan	2.5%	2.3%	2.5%	2.5%	3.3%	3.6%	3.5%	3.4%	3.3%	
6	Diesel, Heizöl	7.6%	6.1%	8.3%	10.1%	10.4%	20.3%	21.3%	22.1%	21.7%	
	Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	

## B. Herleitung der Vollbetriebsstunden (VBSTD) der Kategorie W4.FOS.1a (fossile BHKW)

Ze.			1992	1993	1994	1995	1996	2000	2001	2002	2003	Kommentar resp. Berechnung:
[1]	VBSTD elektr. (Brutto)	h/a		*3'070			4'150	4'150	4'150	4'150	4'150	Auswertung gemäss Stichprobenerh. (Betriebsjahre 1996/97; s. Ausgabe 1997 vom Sept. 1998)
[2]	VBSTD elektr. (Netto)	h/a		**2'948	3'292	3'636	3'980	3'980	3'980	3'980	3'980	= [1] * 0.96 (Abzug Eigenverbrauch BHKW von 4%; s.u.); Jahre 94+95 interpoliert
[4]	VBSTD Input	h/a		**3'045	3'344	3'693	4'042	4'040	4'039	4'039	4'039	= ([2] * [7]) / [13] / [6]
[5]	VBSTD therm.	h/a		**2'992	3'225	3'562	3'898	3'893	3'891	3'890	3'889	= ([2] * [7]) / [13] * [14] / [8]
				** aus Vollerhebung 92/93								
	Leistungen des Bestandes am Jahresanfang:											
[6]	Input	MW		80.5	101.4	136.3	169.3	256.4	274.3	281.8	292.0	
[7]	elektrisch	MW		25.8	32.5	43.8	55.1	87.0	93.9	97.2	100.7	
[8]	thermisch	MW		44.5	56.9	76.9	94.7	141.3	149.9	153.0	158.0	
	theoretische Wirkungsgrade:											
[9]	Total			87.4%	88.1%	88.6%	88.5%	89.1%	88.9%	88.8%	88.6%	= [10] + [11]
[10]	elektrisch			32.0%	32.0%	32.2%	32.6%	33.9%	34.3%	34.5%	34.5%	= [7] / [6]
[11]	thermisch			55.3%	56.1%	56.4%	55.9%	55.1%	54.6%	54.3%	54.1%	= [8] / [6]
	Jahresnutzungsgrade:											
[12]	Total			84.9%	85.6%	86.1%	86.0%	86.6%	86.4%	86.3%	86.1%	= [13] + [14]
[13]	elektrisch			31.5%	31.5%	31.7%	32.1%	33.4%	33.8%	34.0%	34.0%	= [10] - 0.5% (Erfahrungswert)
[14]	thermisch			53.3%	54.1%	54.4%	53.9%	53.1%	52.6%	52.3%	52.1%	= [11] - 2% (Erfahrungswert)

### Umrechnung der Vollbetriebsstunden (VBSTD) der Bruttostromproduktion auf Nettostromproduktion:

Der Eigenstromverbrauch aller fossiler BHKW beträgt rund 2%.

BHKW mit internen Elektrowärmepumpen (EWP) weisen einen zusätzlichen Eigenstromverbrauch von rund 6% aus.

Rund ein Drittel des Bestandes fossiler BHKW weisen interne EWP's auf.

Gesamthaft muss von der Bruttostromproduktion 4% abgezogen werden, um die Nettostromproduktion der BHKW zu erhalten.

Erstellungsdatum: 29.07.04

G:\2004\1005\KW-Ausw\Jahr\_Typ3+2\_2003.xls\FOS.1a BerTabF2d

### Tabelle F.2d Herleitung des Energieträgersplits und der Vollbetriebsstunden ab 1993 der Kategorie W4.FOS.1a (Spalte E in Statistik Typ 3)

Die mittleren elektrischen Vollbetriebsstunden der Betriebsjahre 1996/97 wurden im Rahmen der Stichprobenerhebung 1998 ermittelt. Aufgrund der markanten Zunahme gegenüber den zuletzt erhobenen Jahresdaten aus den Betriebsjahren 1992/93 mussten die Vorjahreswerte schrittweise angehoben werden.

## Herleitung der Vollbetriebstunden für Energiedaten-Berechnung der WKK-Anlagen in Kläranlagen (W4.ARA.1a)

Zeile			1992	1993	1994	1995	2000	2001	2002	2003	Kommentar resp. Berechnung
<b>A. Kat. W4.ARA.1a (nur BHKW)</b>											
A.1	Leistungen am Jahresende gemäss Datenbank										
[1]	Input-Leistung	kW	36'457	40'076	42'295	45'378	73'761	74'180	77'999	81'599	Auswertung Klein-WKK-Datenbank E+P
[2]	elektrische Leistung	kW	10'869	11'940	12'491	13'456	23'004	23'146	24'538	25'784	Auswertung Klein-WKK-Datenbank E+P
[3]	thermische Leistung	kW	20'684	22'770	24'187	25'866	41'034	41'213	43'217	44'776	Auswertung Klein-WKK-Datenbank E+P
A.2	theoretische Wirkungsgrade										
[4]	Total		86.5%	86.6%	86.7%	86.7%	86.8%	86.8%	86.9%	86.5%	= [5] + [6]
[5]	elektrisch		29.8%	29.8%	29.5%	29.7%	31.2%	31.2%	31.5%	31.6%	= [2] / [1]
[6]	thermisch		56.7%	56.8%	57.2%	57.0%	55.6%	55.6%	55.4%	54.9%	= [3] / [1]
[5a]	Abzug beim elektr. Wirkungsgrad		2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	Erfahrungswert für Herleit. des Jahresnutz.grades
[6a]	Abzug beim therm. Wirkungsgrad		4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	Erfahrungswert für Herleit. des Jahresnutz.grades
A.3	Jahresnutzungsgrade										
[7]	Total		80.5%	80.6%	80.7%	80.7%	80.8%	80.8%	80.9%	80.5%	= [8] + [9]
[8]	elektrisch		27.8%	27.8%	27.5%	27.7%	29.2%	29.2%	29.5%	29.6%	= [5] - [5a] (Erfahrungswert)
[9]	thermisch		52.7%	52.8%	53.2%	53.0%	51.6%	51.6%	51.4%	50.9%	= [6] - [6a] (Erfahrungswert)
A.4	Vollbetriebsstunden										
[10]	Input-Leistung	h/a	4'645	4'645	4'604	4'559	4'326	4'283	4'280	4'279	= [11] * [2] / [8] / [1]
[11]	elektrische Leistung	h/a	4'333	4'333	4'292	4'252	4'049	4'008	4'008	4'008	1993 + 2001 = Erhebung; 94-00 = Interpolation
[12]	thermische Leistung	h/a	4'317	4'318	4'282	4'239	4'015	3'974	3'971	3'967	= [11] * [2] / [8] * [9] / [3]
<b>B. Kat. W4.ARA.1a (nur Gebläseantriebe)</b>											
B.1	Leistungen am Jahresende gemäss Datenbank										
[21]	Input-Leistung	kW	6'738	6'342	6'065	6'065	3'802	3'615	3'615	2'920	Auswertung Klein-WKK-Datenbank E+P
[22]	mechanische Leistung	kW	2'166	2'028	1'918	1'918	1'236	1'172	1'172	937	Auswertung Klein-WKK-Datenbank E+P
[23]	thermische Leistung	kW	3'583	3'377	3'233	3'233	2'004	1'906	1'906	1'525	Auswertung Klein-WKK-Datenbank E+P
B.2	theoretische Wirkungsgrade										
[24]	Total		85.3%	85.2%	84.9%	84.9%	85.2%	85.2%	85.2%	84.3%	= [25] + [26]
[25]	mechanisch		32.1%	32.0%	31.6%	31.6%	32.5%	32.4%	32.4%	32.1%	= [22] / [21]
[26]	thermisch		53.2%	53.3%	53.3%	53.3%	52.7%	52.7%	52.7%	52.2%	= [23] / [21]
B.3	Jahresnutzungsgrade										
[27]	Total		79.3%	79.2%	78.9%	78.9%	79.2%	79.2%	79.2%	78.3%	= [28] + [29]
[28]	mechanisch		30.1%	30.0%	29.6%	29.6%	30.5%	30.4%	30.4%	30.1%	= [25] - 2 % (Erfahrungswert)
[29]	thermisch		49.2%	49.3%	49.3%	49.3%	48.7%	48.7%	48.7%	48.2%	= [26] - 4 % (Erfahrungswert)
B.4	Vollbetriebsstunden										
[30]	Input-Leistung	h/a	5'456	5'458	5'409	5'359	5'109	5'059	5'059	5'059	Jahr 2001 = Erhebung; 94-00 = Interpolation *
[31]	mechanische Leistung	h/a	5'117	5'117	5'066	5'020	4'795	4'747	4'747	4'744	= [30] * [21] * [28] / [22]
[32]	thermische Leistung	h/a	5'046	5'048	5'003	4'956	4'721	4'675	4'675	4'672	= [30] * [21] * [29] / [23]
											* 1992/93: = [31] * [22] / [28] / [21]
<b>C. Kat. W4.ARA.1a (Total BHKW und Gebläseantriebe)</b>											
C.1	Leistungen am Jahresende										
[40]	Input-Leistung	kW	43'195	46'418	48'360	51'443	77'563	77'794	81'614	84'520	
[41]	elektrische Leistung	kW	10'869	11'940	12'491	13'456	23'004	23'146	24'538	25'784	
[42]	mechanische Leistung	kW	2'166	2'028	1'918	1'918	1'236	1'172	1'172	937	
[43]	thermische Leistung	kW	24'267	26'147	27'420	29'098	43'038	43'119	45'122	46'301	
C.2	Vollbetriebsstunden										
[44]	Input-Leistung	h/a	4'771	4'756	4'705	4'653	4'364	4'319	4'315	4'306	= ([10] * [1] + [30] * [21]) / ([1] + [21])
[45]	elektrische Leistung	h/a	4'333	4'333	4'292	4'252	4'049	4'008	4'008	4'008	= [11]
[46]	mechanische Leistung	h/a	5'117	5'117	5'066	5'020	4'795	4'747	4'747	4'744	= [31]
[47]	thermische Leistung	h/a	4'425	4'412	4'367	4'319	4'048	4'005	4'001	3'990	= ([10] * [1] + [30] * [21]) / ([1] + [21])

Erstellungsdatum: 29.07.04

G:\2004\1005KW-Ausw\Jahr\_Typ3+2\_2003.xls\ARA.1a BerTabF2e

**Tabelle F.2e Herleitung der Vollbetriebsstunden ab 1993 der Kategorie W4.ARA.1a (Spalte C in Statistik Typ 3)**

Die mittleren elektrischen Vollbetriebsstunden des Betriebsjahres 2001 wurden im Rahmen einer Auswertung einer neueren Erhebung von Kläranlagen-Betriebsdaten ermittelt [ARA 2003]. Aufgrund der Abnahme von ca. 8% gegenüber den zuletzt erhobenen Jahresdaten aus den Betriebsjahren 1992/93 mussten die Vorjahreswerte schrittweise reduziert werden.

## F.2.4 Typ 2 der Jahresstatistik

Im Typ 2 der Jahresstatistik wurde eine weniger detaillierte Aufteilung der Anlagearten (Spalten N bis S in Bild F.2f; siehe auch Anhang D.1a) vorgenommen. Dabei handelt es sich um einen Zusammenschluss der Anlagearten gemäss Typ 3 (Spalten A bis K in Bild F.2a). Folgende Spalten werden zusammengefasst:

$$\begin{aligned} N &= A \\ O &= B + G \\ P &= C + H + K \\ Q &= D \\ R &= E \\ S &= F + I \end{aligned}$$

Typ 2 der Jahresstatistik weist zusätzlich eine Aufteilung nach Klein-WKK-Technologien auf (Spalten U bis X in Bild F.2f).

<b>Jahresstatistik</b>		<b>2002</b>										
<b>Typ 2</b>		<b>TOTAL</b>	<b>Aufteilung nach Anlageart 3)</b>						<b>Aufteilung nach Technologien</b>			
der Klein-WKK-Jahresstatistik		(alle Anlagen)	fossile WP	Biogas	Klärgas	Deponieg.	foss. BHKW	Div. foss.	BHKW 4)	Wärmep.	Gasturb.	Rest 5)
<b>WKK-Anlagen in Betrieb (Jahresende)</b>		<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>X</b>
Anzahl WKK-Anlagen 1)	-	1031	52	53	290	2	620	14	962	52	7	10
Anzahl WKK-Aggregate	-	1379	58	70	425	5	802	19	1299	58	9	13
Installierte Leistungen												
- Anschlussleistung	MW	426.76	14.00	19.81	84.51	5.38	295.68	7.38	403.87	14.00	3.00	5.89
- elektrische Leistung	MW	138.09		6.64	25.49	1.82	102.29	1.85	135.76		0.90	1.43
- mechanische Leistung 2)	MW	1.17			1.17				1.17			
- Heizleistung	MW	248.03	22.39	10.25	46.45	3.00	159.72	6.22	218.60	22.39	1.50	5.54
<b>Jahresenergieverbrauch/ -produktion</b>												
Endenergieverbrauch Total	GWh	1661.99	26.66	57.04	367.04	24.43	1157.66	29.15	1583.71	26.66	23.21	28.41
- Erdgas	GWh	938.63	22.82		1.49	22.22	862.95	29.15	886.66	22.82	8.60	20.55
- Diesel / Heizöl EL	GWh	260.00	3.85		0.51		255.65		256.15	3.85	0.00	
- Propan	GWh	40.19			0.78	0.35	39.06		40.19			
- Klärgas	GWh	364.27			364.27				341.80		14.60	7.86
- Deponiegas	GWh	1.87				1.87			1.87			
- Biogas	GWh	55.86		55.86					55.86			
- Fett/Öl erneuerbar	GWh	1.18		1.18					1.18			
- andere Energieträger	GWh											
produzierte Elektrizität	GWh	526.53		15.64	101.29	7.81	393.85	7.94	513.05		5.56	7.92
genutzte mechanische Energie 2)	GWh	5.56			5.56				5.56			
produzierte Wärmeenergie	GWh	892.21	37.61	28.26	188.34	13.28	604.42	20.30	822.38	37.61	11.97	20.25
genutzte Wärmeenergie	GWh	840.79	37.13	17.35	160.03	13.28	593.45	19.55	774.58	37.13	9.69	19.39

Bild F.2f Typ 2 der Klein-WKK-Jahresstatistik (Beispiel, aktuelle Auswertung siehe Anhang D.1a)

## G. Literatur- und Quellenverzeichnis

- [Thermisch] U. Kaufmann: 'Thermische Stromproduktion und Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz, 1990 bis 2002'; Ausgabe 2002; Juli 2003, Dr.EICHER+PAULI AG, Liestal  
(Bezug: BBL, Vertrieb Publikationen\*, 3003 Bern; Form 805.281.4 d)
- [WKK-Handbuch] WKK-Fachverband: 'Wärmekraftkopplung - Potenzi-ale, Markt, Innovation', Marktübersicht mit Referenzbeispielen, Fachinformationen und Firmenportraits, Neuauflage Frühjahr 2001  
(Bezug: [www.waermekraftkopplung.ch](http://www.waermekraftkopplung.ch))
- [RAVEL WKK] Hp. Eicher, J. Weilenmann: 'Wärmekraftkopplung; Gasmotor-Blockheizkraftwerke effizient planen, bauen und betreiben; RAVEL im Wärmesektor, Heft 4', Mai 1994, Bern (Bezug: BBL, Vertrieb Publikationen\*, 3003 Bern, Best.Nr. 724.358d)
- [SdEE] U. Kaufmann: 'Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien 2003'; September 2004, Dr.EICHER+PAULI AG, Liestal  
(Bezug: BBL, Vertrieb Publikationen\*, 3003 Bern; Form 805.520.7 d;  
Download: [www.eicher-pauli.ch](http://www.eicher-pauli.ch) Publikationen)
- [ARA 2003] U. Kaufmann: 'Energienutzung in Abwasserreinigungsanlagen', Entwurf Schlussbericht, Mai 2003, internes Papier, Bezug beim Autor

\* BBL Bundesamt für Bauten und Logistik BBL, Vertrieb Publikationen, 3003 Bern  
Telefon 031 325 50 50  
Internet: <http://www.bbl.admin.ch/bundespublikationen/>

**Bundesamt für Energie BFE**

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • [office@bfe.admin.ch](mailto:office@bfe.admin.ch) • [www.admin.ch/bfe](http://www.admin.ch/bfe)

Vertrieb: BBL/Vertrieb Publikationen, 3003 Bern, [www.bbl.admin.ch/bundespublikationen](http://www.bbl.admin.ch/bundespublikationen); Bestellnr.: 805.281.5 d